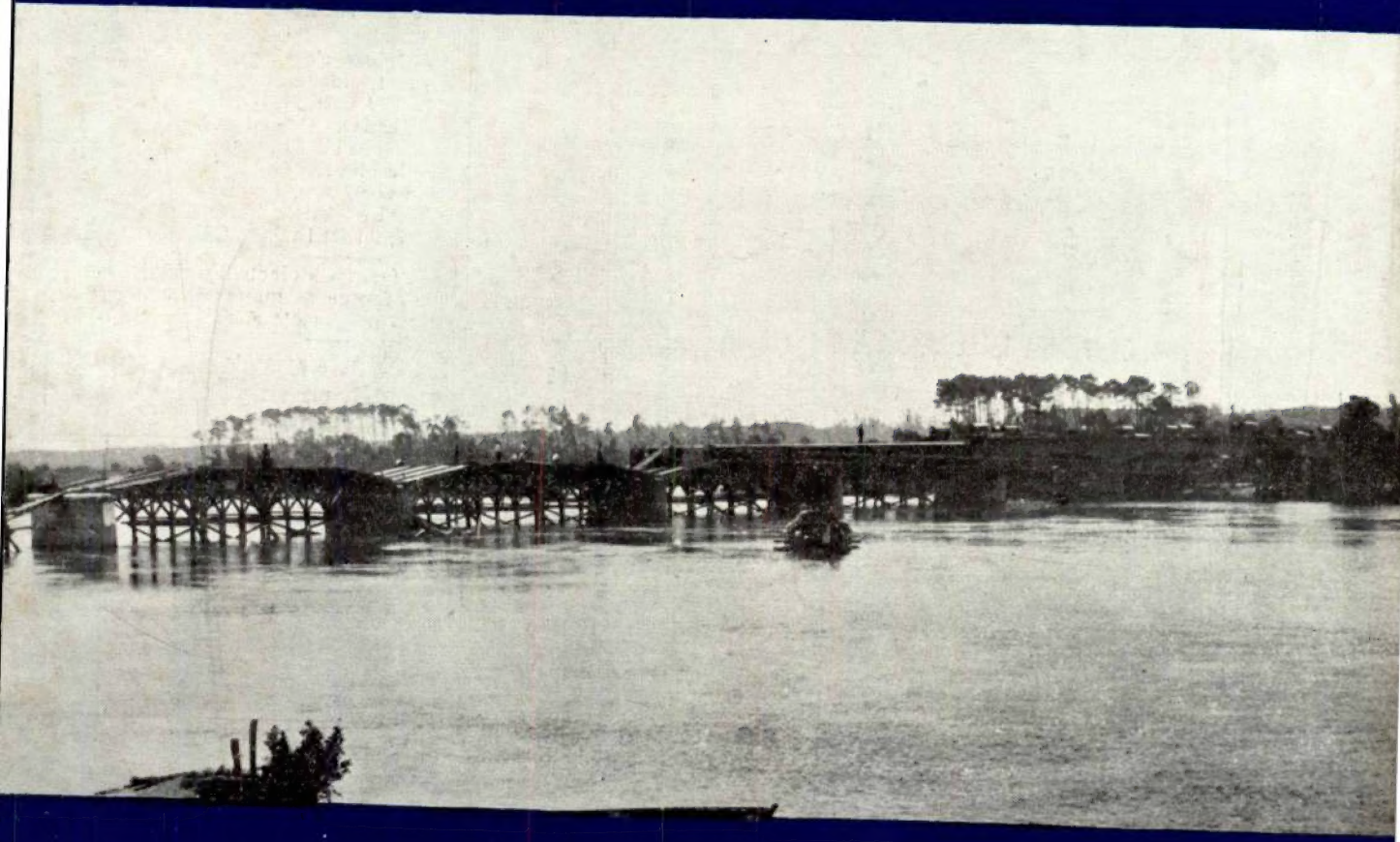
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO I.S.T.

° 132-Novembro-1942

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMERCIO, 56, 3.º
LISBOA

União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

SEDE
Rua Duque de Loulé, 240 — Pôrto
Telef. 2828 — 2829 — 2830 — Est. 90

DELEGAÇÃO
R. António Maria Cardoso, 13, 2.º - Lisboa
Telefones 27232 — 27233 — Est. 365

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU LEIRIA e de SETÚBAL, pela mais extensa rêde de alta-tensão em Portugal (mais de 1.200 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LOGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a sua energia é **proveitoso negócio**

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de tôdas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
132
Novembro — 1942

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
LUIZ DE ALMEIDA ALVES
ADMINISTRADOR
JOSÉ DE LUCENA
BIBLIOTECÁRIO
FAUSTO GONÇALVES HENRIQUES
CORPO REDACTORIAL
Fernando Moitinho de Almeida
Henrique Dias Barracas
José Carlos Pinheiro da Silva
Manuel dos Santos Rézio

NÚMERO AVULSO 5$00
ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	13$50	26$00	50$00
Colónias Portuguesas e Espanha...	—	35$00	60$00
Estrangeiro...	—	40$00	70$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Ponte de Angeja, tipo «Cantilever», em construção

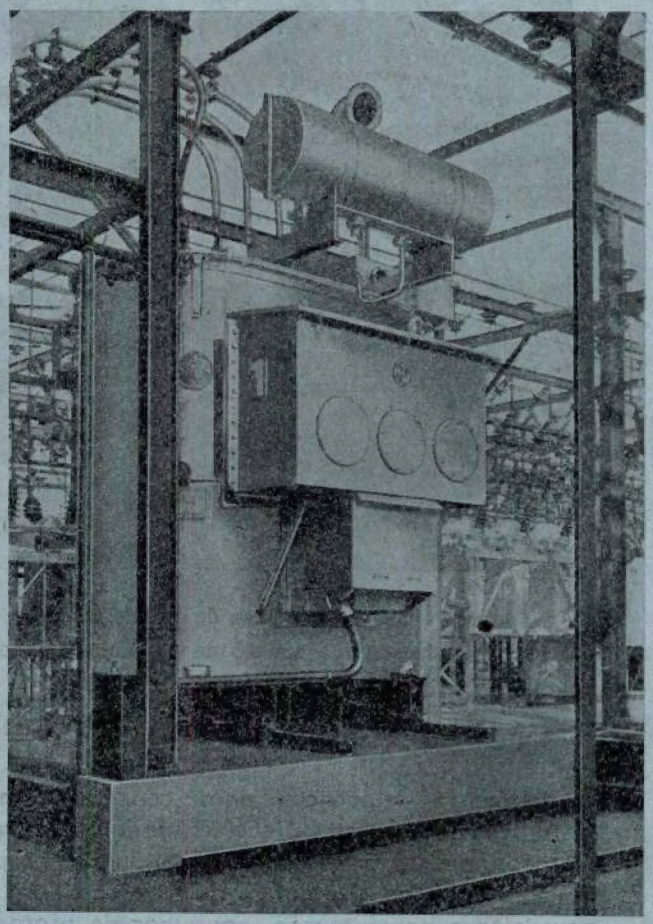
		Págs.
Conjugação racional das várias turbinas duma central hidro-eléctrica	Eng. José Filipe Rebêlo Pinto	1
Betão Estanque	Eng. Manuel Bravo	13
Projecto de Aproveitamento Hidro-Eléctrico do rio Zêzere entre ponte de Bouçã e Castelo de Bode		23
Assentadeira (Jiga) Rápida Krupp	Carlos Gonsalves	36
Do Mundo Técnico		41
Publicações recebidas		42

STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
STABILO
SCHWAN
Bleistift-Fabrik A-G.
NÜRNBERG
Representante:
A. Ferreira da Silva, Porto.
Rua Alexandre Braga, 82. Tel. 6132
Lápis de desenho
em 18 graduações 7 B — 9 H
Lápis de côr
O utensílio precioso em 24 côres
Novidade: STABILO Cellomin D. R. P.
O lápis-tinta com a mina especial
resistente às influências climáticas

GENERAL ELECTRIC

SCHENECTADY, N. Y.

Motores e dinamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidro-eléctricas. Instalações para melhorar o factor de potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel--eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Cabos e fios. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas.



Transformador trifásico com regulação de tensão em carga

THOMSON GENERAL ELECTRIC

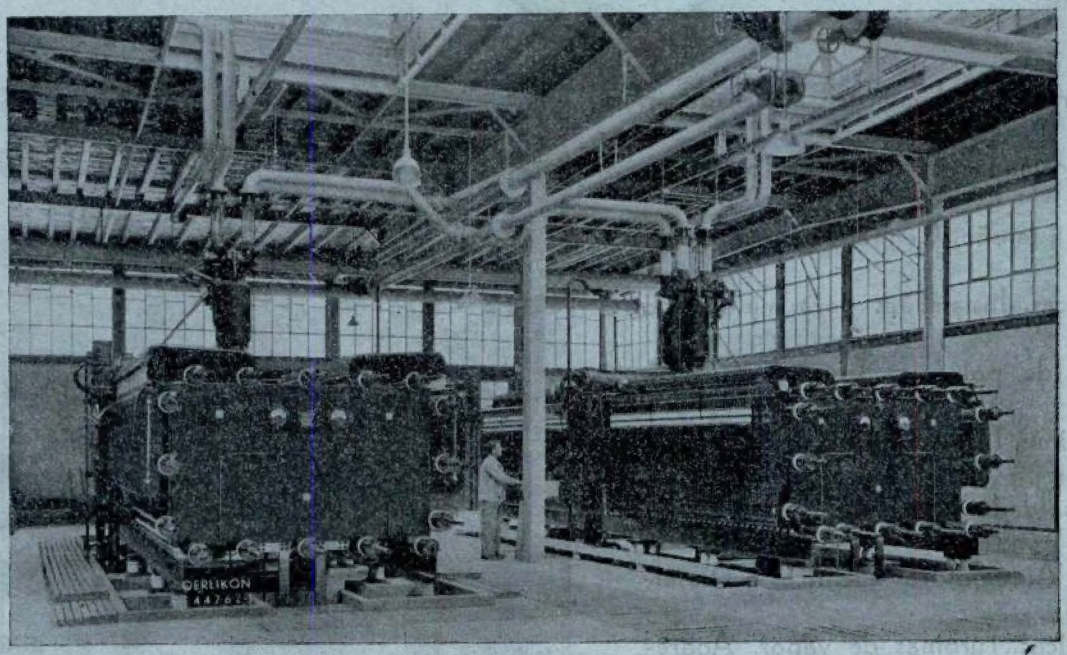
PORTUGUESA, L.DA

LISBOA

Rua do Norte, 5

Telef. 2 8135 - 2 8136

OERLIKON



Electrolisadores Oerlikon de grande potência, cada um com a capacidade de 300 m3 de hidrogénio e 150 m3 de oxigénio por hora, 1440 kW, 240 volts, 6000 ampères

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos para centrais termo e hidro-eléctricas, subestações e instalações de distribuïção. Geradores e motores eléctricos de todos os tipos, transformadores, reguladores de indução, grupos convertidores, mutadores, turbinas a vapor e turbo geradores, gruas eléctricas, interruptores e aparelhos de manobra para alta e baixa tensão, aparelhos de protecção e relais de todos os tipos, equipamentos para soldadura eléctrica por arco, compressores e bombas de vácuo, electrolisadores, equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras eléctricas e diesel-eléctricas (via estreita e normal), tramwais, troley-buses, funiculares, teleféricos, etc.

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Pôrto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 968

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON
ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

45 616

TÉCNICA

LUIZ DE ALMEIDA ALVES
DIRECTOR

ANO XVIII - N.º 132 NOVEMBRO 1942

Conjugação racional das várias turbinas duma central hidroeléctrica

Comunicação apresentada ao Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências

Pelo Eng. Civil (I. S. T.) JOSÉ FILIPE REBÊLO PINTO
BOLSEIRO DO I. A. C.

Na exploração de aproveitamentos hidroeléctricos apresentam-se vários problemas, uns de natureza essencialmente eléctrica e outros puramente hidráulicos, que nem sempre são resolvidos pelo melhor.

A atenção das pessoas responsáveis pela exploração está mais ligada à parte eléctrica, visto a preocupação dominante ser a de evitar interrupções nos fornecimentos de energia, havendo em geral menores cuidados com a parte hidráulica.

O rendimento hidráulico da instalação depende de vários factores, uns fàcilmente visíveis — perdas de água por transbordamento sôbre as barragens — e outros muito menos aparentes: perdas devidas a formas ou dispositivos mal estudados — nas tomadas de água, nos canais, nas condutas forçadas, nas condutas de aspiração e nos canais de fuga — e as resultantes do rendimento das máquinas. Êste último depende essencialmente do estado de conservação das turbinas e da maneira como a carga é repartida entre elas.

Rara é a central que dispõe de aparelhos de medição dos caudais utilizados, não se sabendo portanto qual a quantidade de água consumida por kWh produzido; assim, a exploração sob o ponto de vista hidráulico é quási sempre feita um pouco a sentimento, com perdas de água importantes.

O desgaste das diferentes peças das turbinas faz baixar bastante o seu rendimento, mas, por falta de aparelhos de contrôle, o chefe da central só dá por isso quando a potência dos grupos, a plena carga, diminue sensìvelmente.

A repartição da carga entre as várias turbinas, não sendo feita criteriosamente, pode dar lugar a perdas relativamente grandes, que não são directamente visíveis. O rendimento das instalações hidroeléctricas fica por êsse motivo quási sempre muito abaixo do que seria para desejar. Êste facto é geral, existindo no entanto uma ou outra realização tendentes a melhorá-lo.

Durante um estágio em França, como bolseiro do Instituto para a Alta Cultura, tive ocasião de estudar estes problemas sob os seus diferentes aspectos, visitando demoradamente variadíssimos aproveitamentos hidroeléctricos e trabalhando no laboratório anexo à fábrica de turbinas «Ateliers Neyret-Beylier & Piccard-Pictet», de Grenoble.

Em colaboração com o professor Pierre Danel, director dêsse laboratório, desenvolvi um método gráfico simples, por êle imaginado, para determinar a repartição da carga

duma central hidroeléctrica entre as várias turbinas de maneira a que o consumo de água seja mínimo.

A aplicação déste método gráfico a diferentes casos e a sua utilização para resolver vários problemas tais como: escolha do tipo e potência das turbinas e do número e diâmetro das condutas forçadas, influência da variação de queda, etc., constituem um livro que se encontra presentemente no prelo [1].

Dadas as dificuldades actuais no abastecimento de combustíveis e a consequente necessidade de tirar o melhor partido possível dos nossos aproveitamentos hidroeléctricos, resolvi antecipar-me à publicação do livro, divulgando desde já os princípios basilares da aplicação do método gráfico.

O rendimento das máquinas varia muito com a carga, convindo portanto conjugá-las por forma a trabalharem dentro das zonas de maior eficiência.

O rendimento dos grupos depende essencialmente do das turbinas, por as curvas características dos alternadores variarem pouco e as das turbinas sofrerem variações relativamente grandes com a carga e de grandeza diferente de tipo para tipo.

A conjugação das várias turbinas de uma central hidroeléctrica tem sido tratada por diferentes autores, que não conseguiram resultados inteiramente satisfatórios, por quási todos se terem servido apenas de considerações de ordem matemática.

Ora, para resolver êste problema é necessário determinar:

— o número de grupos em serviço para satisfazer a potência requerida;
— quais os que devem trabalhar, no caso da central ter grupos diferentes;
— a repartição da carga entre êsses grupos.

[1] «La Répartition de la Charge entre les Groupes d'une Centrale Hydro-Electrique» publicado em Julho de 1942 por «Editions du Comité Général d'Organisation des Industries Mécaniques» — 11, Avenue Hoche — Paris.

Logo, a determinação da potência máxima para um caudal dado não se apresenta sob o mesmo aspecto que o cálculo dos máximos duma função algébrica, visto envolver simultâneamente problemas de variações contínuas e de números inteiros. Se bem que as curvas características de cada turbina sejam geralmente contínuas, elas são apenas arcos dessas curvas compreendidos entre dois pontos limites — funcionamento em vazio e a plena carga — podendo acontecer que a repartição óptima da carga se verifique com um grupo funcionando num dêsses pontos limites. Vê-se portanto que não é possível chegar a uma solução geral para êste problema utilizando apenas os métodos clássicos do cálculo diferencial. Para êsse efeito é necessário conjugar êsses métodos com considerações puramente aritméticas.

Pondo de parte os diferentes raciocínios e demonstrações relativas à parte matemática, passo directamente a exemplificar a utilização do método gráfico para determinar a repartição óptima da carga entre várias turbinas.

Comecemos pelo caso mais simples de duas turbinas iguais com curvas características convexas (fig. 1) [1].

Tracemos a curva característica AB da primeira turbina tomando para eixos de coordenadas o caudal e a potência. Dando uma rotação de 180° à figura os eixos passam à posição $O_1Q_1N_1$ e a curva para A_1B_1. Supondo ser esta a característica da segunda turbina e fixando sôbre uma mesma vertical os pontos de funcionamento das duas turbinas, OL representará a soma dos caudais absorvidos pelas duas. Façamos descer a segunda figura até as curvas AB e A_1B_1 se tocarem; se as duas turbinas funcionarem no ponto de contacto K, elas absorvem caudais iguais OH e O_1J e fornecem potências iguais HK e JK. A soma destas duas ordenadas O_1L representa a potência global do par.

Se os pontos de funcionamento das turbinas estivessem situados noutra vertical, por

[1] A convexidade da curva foi propositadamente exagerada para facilitar a exposição.

exemplo em CDEF, a potência global fornecida seria então CD + EF, inferior a O_1L da quantidade DE. Vê-se portanto que o ponto K indica a repartição óptima da carga.

O ponto O_1 representa, no sistema de eixos OQN, a potência máxima que o par de turbinas pode fornecer absorvendo o caudal OL. Fazendo variar o caudal, isto é,

O ponto O_3 indica portanto a passagem de uma para duas turbinas, motivo por que o designarei por ponto (1–2).

Neste caso, em que as duas turbinas são iguais e têm características convexas, a curva de potência global $A'O_1$ é homotética de AB na razão 2 e a melhor conjugação corresponde a repartir igualmente a carga entre

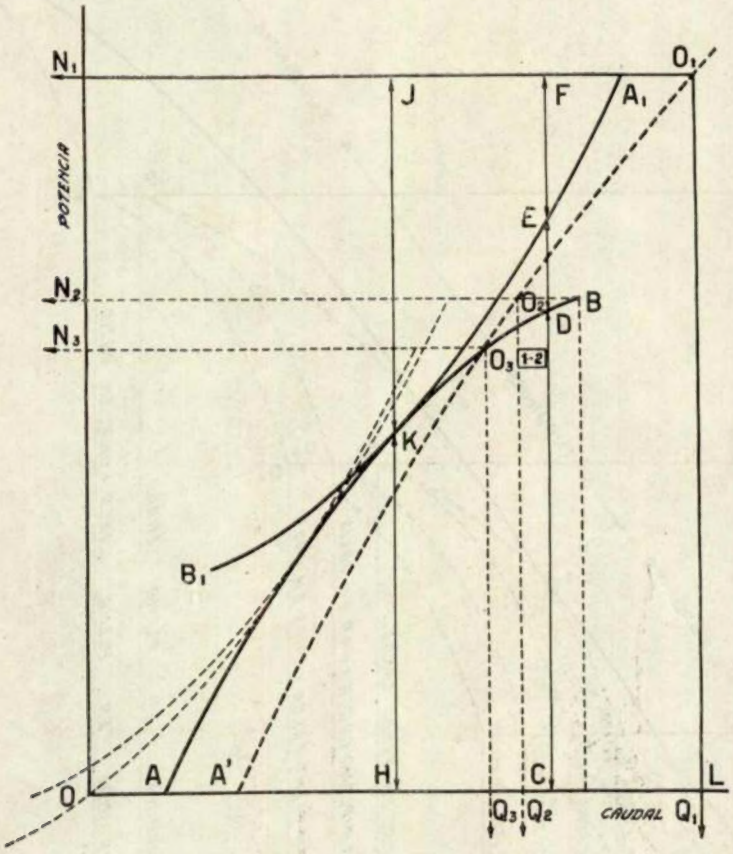


Fig. 1
Conjugação de 2 turbinas iguais
Características convexas

deslocando a curva A_1B_1 por forma a que se mantenha em contacto com AB, o ponto O_1 *descreve a curva $A'O_1$ da potência fornecida, em função do caudal global, por duas turbinas iguais conjugadas racionalmente.*

Pelo exame da figura verifica-se que para baixo do ponto O_3, em que as duas curvas AB e $A'O_1$ se cortam, é vantajoso fazer trabalhar apenas uma turbina e que, quando a potência requerida ultrapassa O_3, se deve pôr em marcha a segunda turbina.

as duas turbinas desde que seja atingido o ponto de passagem.

Como veremos mais adiante o ponto (1–2) pode não existir, por as formas das curvas características serem tais que as curvas de uma turbina e de duas bem conjugadas se não cortam.

O princípio desta construção gráfica é ainda aplicável para turbinas diferentes e com curvas características apresentando quaisquer formas.

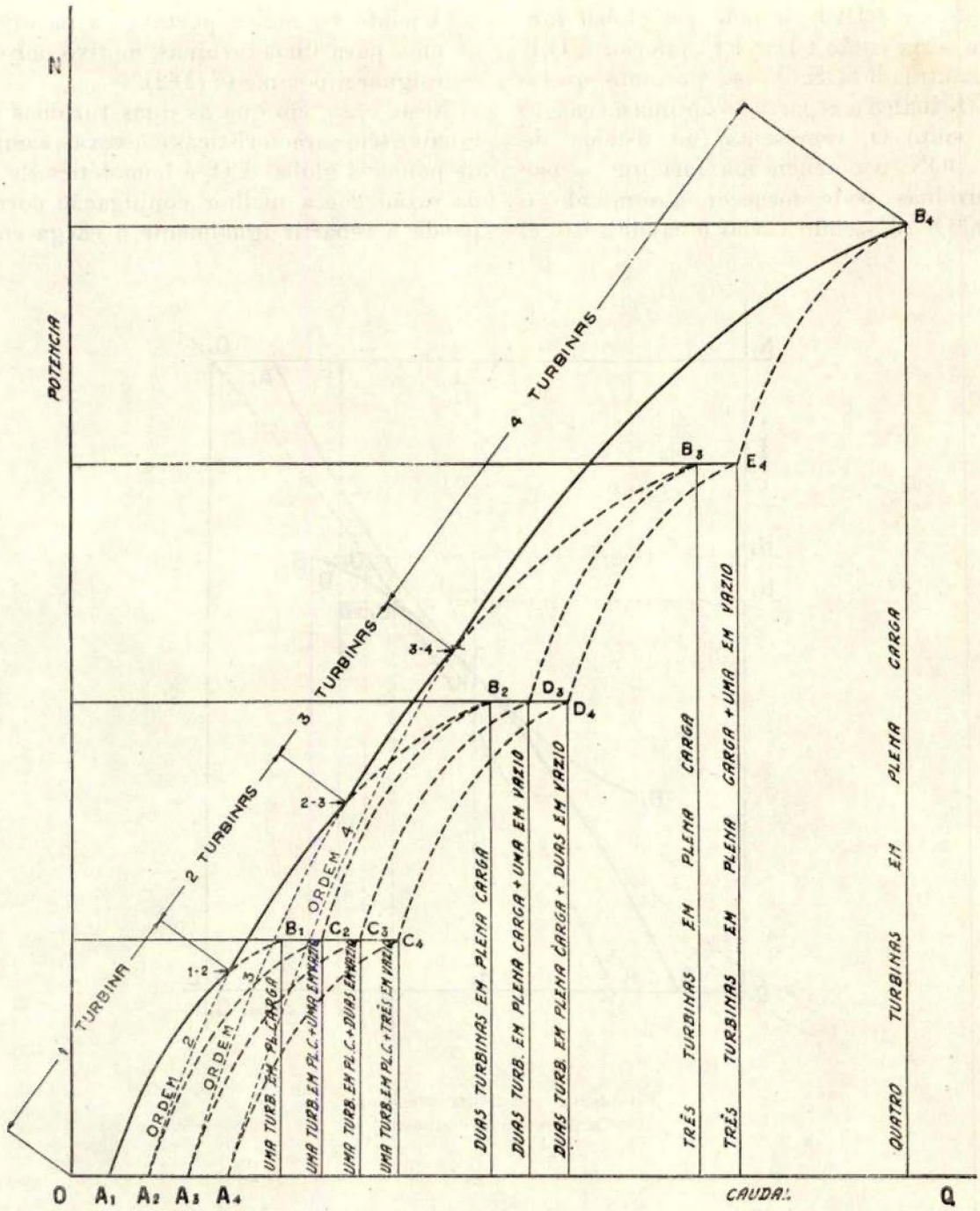


Fig. 2

Conjugação de 4 turbinas iguais
Características convexas

Passemos em seguida ao caso de várias turbinas iguais, 4 por exemplo, tendo características convexas (fig. 2).

Por meio do método gráfico conjugam-se primeiro duas e a curva resultante com outra e assim por diante, obtendo-se as curvas A_2 (1-2) (2-3) B_2, A_3 (2-3) (3-4) B_3 e A_4 (3-4) B_4, que correspondem à potência máxima para 2, 3 e 4, podendo portanto ser traçadas directamente.

Do exame da figura conclue-se que o máximo rendimento corresponde a trabalhar

com uma só turbina até ao ponto (1-2), pôr então a segunda em marcha e, a partir do ponto (2-3), a terceira, etc., repartindo igualmente a carga entre tôdas as turbinas em funcionamento.

As curvas $A_2C_2B_2$, $A_3C_3D_3B_3$ e $A_4C_4D_4E_4B_4$ correspondem à conjugação mais desfavorável, que consiste em trabalhar com 2, 3 e 4 turbinas e a pô-las em carga apenas quando a precedente atingir a plena carga.

Comparando as curvas correspondentes à melhor e à pior repartição da carga vê-se que para uma mesma potência os caudais consumidos diferem bastante, podendo portanto uma má conjugação das turbinas dar lugar a perdas muito importantes.

Nota-se ainda na fig. 2 que as distâncias entre os pontos A_1 e (1-2), (1-2) e (2-3),

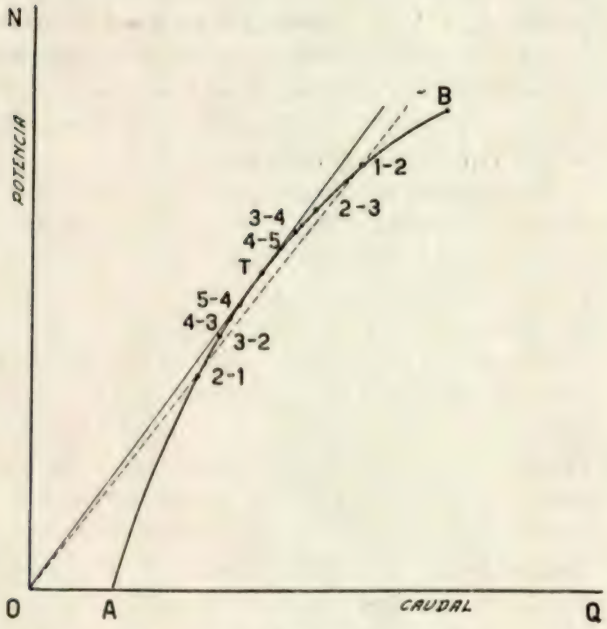


Fig. 3
Pontos de passagem

(2-3) e (3-4) vão diminuindo, isto é, à medida que aumenta o número de turbinas as zonas de utilização vão sendo menos extensas.

Na fig. 3 estão marcados, sôbre a característica duma turbina, os pontos de passagem obtidos pela construção da fig. 2. A conjugação mais favorável obtém-se operando da seguinte forma:

Utiliza-se uma só turbina até a carga atingir o ponto (1-2). Põe-se então em marcha a segunda turbina, entrando as duas a trabalhar no ponto (2-1), em que a potência e o caudal são, para cada uma, iguais a metade da potência e do caudal correspondentes a (1-2); o ponto (2-1), homotético de (1-2) na razão $^1/_2$, está situado na intersecção da curva AB com a recta passando pela origem e pelo ponto (1-2). Aumentando a carga, as duas turbinas trabalham até atingir o ponto (2-3). Põe-se nessa altura a terceira turbina em marcha, entrando as três a trabalhar com cargas iguais no ponto (3-2), homotético de (2-3) na razão $^2/_3$, e assim por diante. As distâncias entre os pontos (1-2) e (2-1), (2-3) e (3-2), etc., vão diminuindo, aproximando-se os pontos cada vez mais do ponto limite T em que a tangente à curva passa pela origem.

Se a carga baixar, os pontos (4-3), (3-2) e (2-1) indicam a altura em que se deve fazer parar uma turbina.

Pode-se interpretar esta construção de outra maneira fazendo intervir a noção de rendimento.

É sabido que $N = \frac{H}{75} \times \eta \times Q$ (1)

sendo:

N — a potência em CV;
H — a altura de queda em metros;
η — o rendimento;
Q — o caudal em litros por segundo.

Para uma altura de queda constante, a relação (1) representa, no sistema de eixos Q-N, a equação de uma recta passando pela origem, cujo coeficiente angular é caracterizado por η. Vê-se portanto que o rendimento é máximo no ponto T em que a recta é tangente à curva. Por conseguinte, se a carga aumenta, o funcionamento das turbinas faz-se com rendimento crescente no ramo AT e decrescente no ramo TB. Quando a carga da primeira turbina atinge o ponto (1-2), evita-se que o rendimento decresça pondo em marcha a segunda turbina; as duas entram a trabalhar no ponto (2-1) em

que o rendimento é o mesmo que no ponto (1–2), mas a partir do qual vai crescendo.

As diferentes rectas passando pela origem e pelos pontos (2–3) e (3–2), (3–4) e (4–3), etc., vão-se aproximando cada vez mais da recta OT de rendimento máximo; logo, à medida que aumenta o número de turbinas em funcionamento o rendimento global melhora e as zonas de utilização das turbinas vão-se tornando mais pequenas.

Como muitos engenheiros estão mais familiarizados com as características — rendimento em função da potência — marquei sôbre uma curva dêsse tipo (fig. 4) as zonas de utilização correspondentes a 1, 2, 3 e 4 turbinas iguais conjugadas racionalmente. Vê-se que o ramo do extremo da curva,

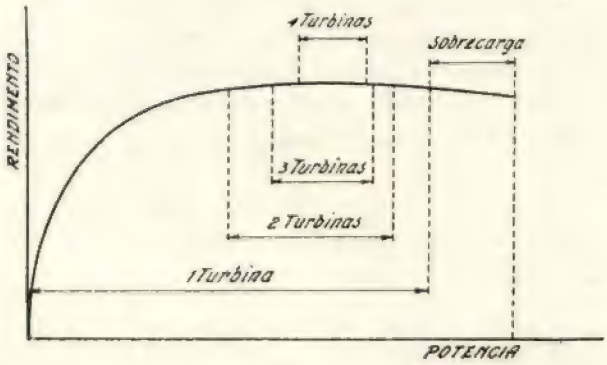


Fig. 4

para o qual o rendimento é decrescente, só deve ser utilizado quando a potência global da central estiver próxima da saturação; para frisar bem êste facto, sôbre êsse ramo está a indicação de sobrecarga.

Estas considerações podem levar a crer que haveria vantagem em equipar uma central com um grande número de turbinas de pequena potência. Na realidade não é assim, visto que se conseguem melhores rendimentos nas máquinas de maiores dimensões e ainda por que o custo da instalação aumenta quando se multiplica o número de grupos (e também, se se exagerar a potência de cada grupo com o propósito de instalar poucas unidades). A escolha das turbinas, para cada caso particular, depende de variadíssimos factores, não sendo possível estabelecer uma regra susceptível de generalização.

As observações geométricas feitas quanto à homotetia dos pontos de passagem e às rectas passando por êles e pela origem, poderiam servir para determinar êsses pontos, porém, a fraca curvatura das caractetísticas reais das turbinas, tornaria essa teterminação muito imprecisa.

Passemos agora ao caso de duas turbinas iguais cujas curvas características (potência-caudal) apresentam um ponto de inflexão; a carga e o caudal correspondentes a êste ponto serão designados por críticos.

Aplicando o mesmo método gráfico (fig. 5), verifica-se que, para um caudal global Q_1, inferior ao dôbro do caudal crítico, a curva A_1B_1 pode ser tangente à curva AB em dois pontos E_1 e D_1. A conjugação mais favorável já não corresponde portanto à repartição igual da carga entre as duas turbinas; neste caso, a primeira turbina deve suportar a carga H_1E_1 e a segunda a carga J_1E_1.

Para a mesma carga global há uma outra posição relativa das curvas, AB e $A'_1B'_1$, em que elas têm um único ponto de tangência, mas para a qual o caudal absorvido Q'_1 seria superior a Q_1; a repartição igual da carga dá neste caso lugar à conjugação mais desfavorável. À medida que a carga fôr crescendo, os pontos de contacto E_1 e D_1 vão-se aproximando até que, em a carga atingindo um valor duplo do da crítica, êles confundem-se, sendo então as curvas apenas tangentes no ponto de inflexão I; de aí em diante utilizam-se só os ramos convexos das curvas, caindo-se portanto no caso já estudado de características convexas.

Vê-se na figura que a curva de potência global $A_2O_1O_2$ já não corta a curva AB, como acontecia no exemplo da fig. 1.

A conjugação mais favorável para o caso da fig. 5 obtém-se procedendo da seguinte forma: A primeira turbina trabalha até atingir a sua plena carga; põe-se então a segunda turbina em marcha, aumentando progressivamente a carga desta e diminuindo a da primeira, até a carga global atingir um valor duplo do crítico; a partir

dêsse momento as duas turbinas devem trabalhar com cargas iguais.

Deve notar-se que, quando se põe a segunda turbina em serviço, passa-se de B para C_1, mantendo-se a potência mas aumentando bruscamente o caudal, isto é, a curva do crescimento do caudal apresenta uma descontinuïdade. Êste facto pode ter bastante importância no caso de uma central ao fio de água, visto que, se o caudal ultrapassar o valor correspondente a B mas se mantiver inferior ao correspondente a C_1, é preferível perder água por transbordamento do que aproveitá-la tôda pondo para êsse efeito a segunda turbina em marcha.

A grandeza da descontinuïdade depende do valor do caudal em vazio OA e da forma das características. Se o ponto de inflexão tiver uma posição tal que a sua ordenada seja igual ou inferior à ordenada do ponto B, quere dizer, se a carga crítica fôr igual ou inferior a metade da plena carga, a conjugação mais favorável corresponde à utilização apenas dos ramos convexos, devendo portanto a carga ser sempre repartida igualmente entre as duas turbinas.

A aplicação do método gráfico a quatro turbinas iguais com características apresentando um ponto de inflexão alto está feita na fig. 6 :

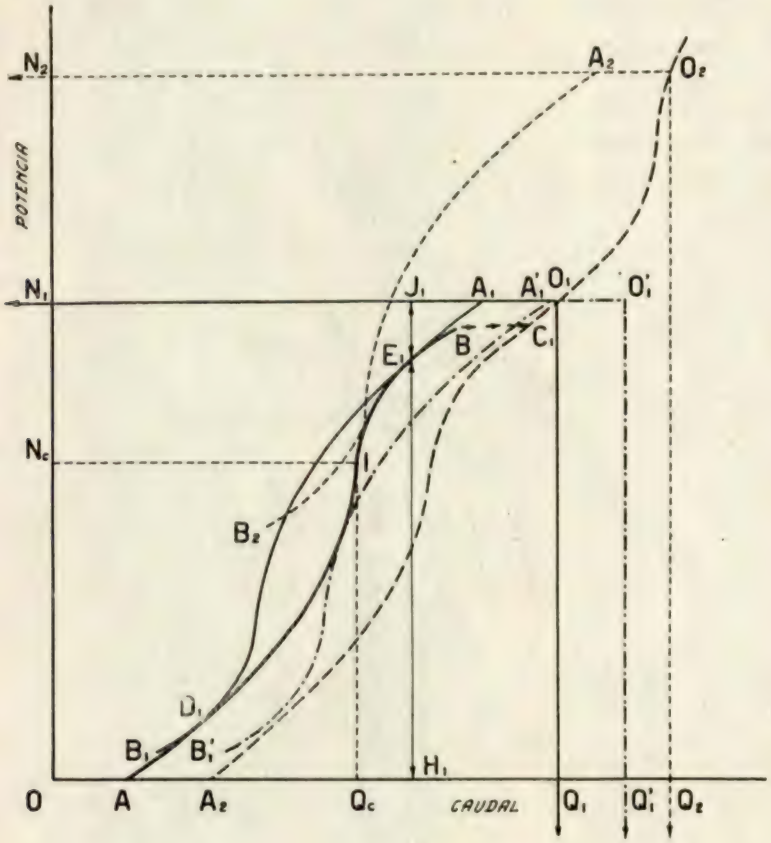


Fig. 5
Conjugação de 2 turbinas iguais
Características com um ponto de inflexão

As curvas $A_2I_2B_2$, $A_3I_3B_3$ e $A_4I_4B_4$, homotéticas de A_1B_1, representam a repartição igual da carga entre 2, 3 e 4 turbinas. A desigualdade de cargas corresponde aos arcos de curva C_1I_2 e C_2I_3; o comprimento dêstes arcos vai diminuindo acontecendo o mesmo às descontinuïdades. Neste exemplo, o ponto B_3 já está situado acima de I_4; por-

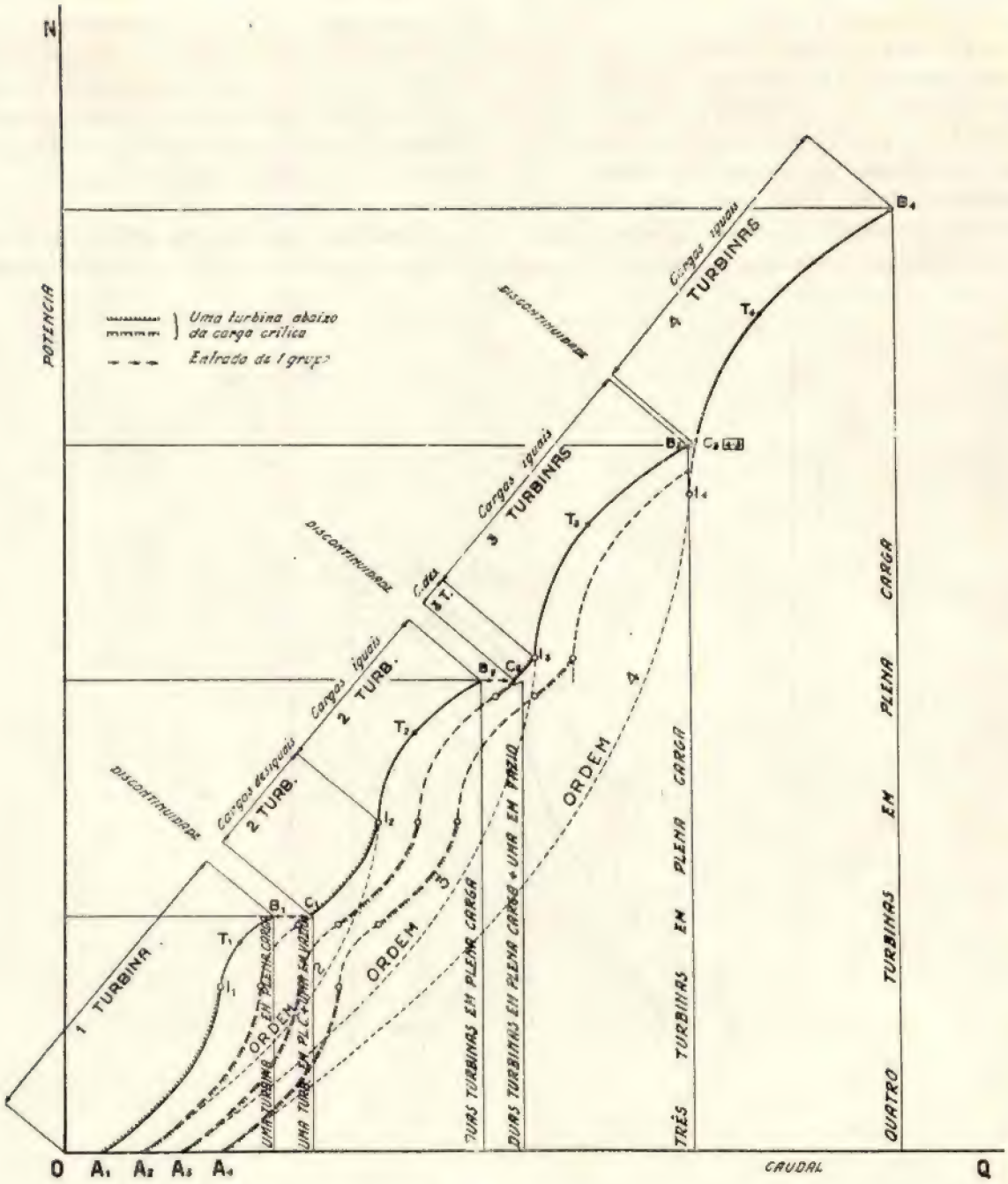


Fig. 6
Conjugação de 4 turbinas iguais
Características com um ponto de inflexão

tanto, a partir de I_3 a conjugação mais favorável obtém-se repartindo sempre a carga igualmente entre tôdas as turbinas em funcionamento.

Se o ponto de inflexão estivesse situado mais acima existiria possìvelmente um arco de curva C_3I_4; se, pelo contrário, o ponto de inflexão estivesse situado mais abaixo talvez já não existisse o arco C_2I_5.

No caso da fig. 6 a conjugação mais favorável obter-se-ia procedendo como se indica no quadro seguinte :

Manobra a fazer	Curva descrita
Carga progressiva da primeira turbina	$A_1I_1B_1$
Descontinuïdade: entrada da segunda turbina em funcionamento	B_1C_1
Carga repartida desigualmente entre duas turbinas	C_1I_2
Carga repartida igualmente entre duas turbinas	I_2B_2
Descontinuïdade: entrada da terceira turbina em funcionamento	B_2C_2
Cargas iguais de duas turbinas e desigual da terceira	C_2I_3
Carga repartida igualmente entre as três turbinas	I_3B_3
Descontinuïdade: entrada da quarta turbina em funcionamento	B_3C_3
Carga repartida igualmente entre as quatro turbinas	C_3B_4
Plena carga da central	B_4

A repartição da carga tem maior importância quando as características das turbinas apresentam pontos de inflexão altos, não só por ser mais complicada a manobra mas também por, conforme se vê na figura, as curvas correspondentes à conjugação mais e menos favorável estarem mais afastadas do que no caso de características convexas, podendo portanto uma má conjugação conduzir a perdas mais elevadas.

Nos exemplos apresentados as curvaturas das características foram propositadamente exageradas com o fim de tornar as figuras mais claras; estes exemplos corresponderiam a casos limites entre os quais estão compreendidos todos os casos encontrados na prática.

Como as turbinas modernas têm características com curvaturas muito menos acentuadas, as perdas devidas a uma má conjugação são bastante inferiores às indicadas nos exemplos apresentados. Para dar uma idéia da sua ordem de grandeza tracei na fig. 7 as curvas correspondentes às potências máxima e mínima de uma central equipada com quatro grupos iguais, para cada um dos seguintes tipos de turbinas: Pelton, Kaplan, Francis média, Francis rápida e Hélice.

Supondo que a curva dos caudais utilizáveis classificados era a da fig. 8, em que Q_N é o caudal correspondente à plena carga da central, as máximas perdas possíveis de energia durante o ano seriam:

Pelton.....	2,4 %
Francis média	5,4 %
Kaplan.....	7,3 %
Francis rápida.....	11,5 %
Helice	11,7 %

Do facto de as perdas possíveis serem mais pequenas no caso das turbinas Pelton poderia concluir-se, erradamente, que utilizando êste tipo de turbina se obteria, para uma mesma curva de caudais utilizáveis classificados, uma produção de energia mais elevada.

As perdas máximas correspondentes a uma má conjugação são pequenas no caso das Pelton não apenas por as características terem curvaturas muito fracas mas princi-

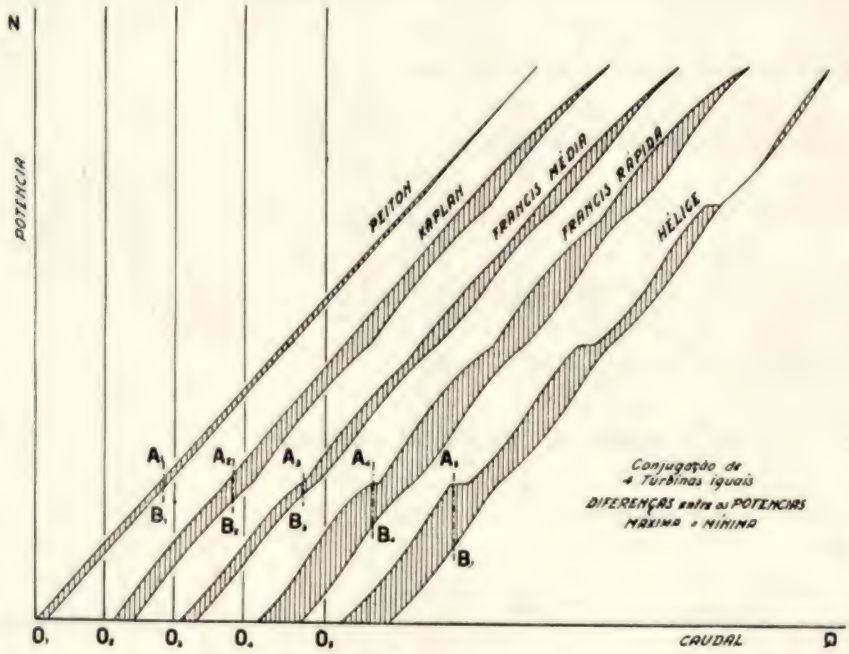


Fig. 7

palmente por o caudal de marcha em vazio ser bastante reduzido.

Com o fim de evitar possíveis confusões indico a energia total produzida pelos diferentes tipos de turbinas, para os caudais utilizáveis da fig. 8, tomando como unidade a correspondente à turbina Helice.

	Máx.	Mín.
Helice	1,000	0,823
Pelton	1,041	1,016
Francis rápida.	1,048	0,927
Francis média .	1,074	1,016
Kaplan	1,074	0,995

Não se podem evidentemente comparar estes números em absoluto visto o campo de aplicação dos vários tipos ser muito diferente.

As perdas reais são sempre inferiores às máximas indicadas pois só uma falta de intuïção excepcional do chefe da central conduziria a conjugar permanentemente as turbinas pelo pior.

Não devo andar muito longe da verdade dizendo que presentemente as perdas médias devidas à má repartição das cargas podem ser computadas em:

Pelton	1,5 %
Francis média	3 %
Kaplan.....	4 %
Francis rápida.....	6 %
Helice	11 %

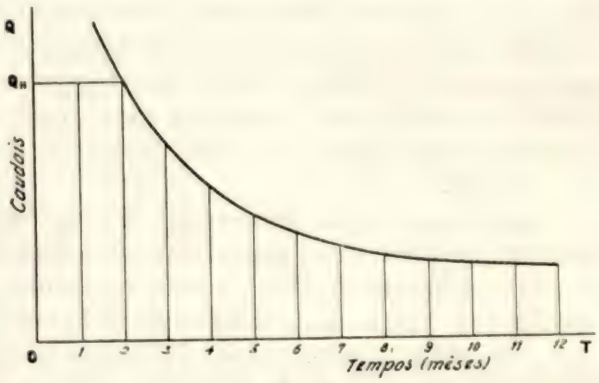


Fig. 8
Caudais utilizáveis classificados

Podem aparecer na prática variadíssimos casos, cuja discussão me levaria muito longe; no caso de turbinas com características diferentes, a conjugação racional pode conduzir a combinações um pouco mais complicadas, mas sempre de fácil resolução desde que se tomem os devidos cuidados na aplicação do método gráfico apresentado.

Querendo seguir à risca as indicações fornecidas pelas construções gráficas, quanto ao número de turbinas em funcionamento, pode ser-se obrigado, nomeadamente no caso de centrais em que o diagrama de carga é muito irregular e com variações de pequena amplitude, a fazer um grande número de manobras, com os conseqüentes inconvenientes, entre os quais figuram as inevitáveis perdas de água.

É porém possível, mesmo nesse caso, conseguir-se um rendimento bastante satisfatório, sem ser necessário seguir exactamente a conjugação mais vantajosa. Com efeito, voltando à fig. 1, vê-se que dum lado e doutro do ponto de tangência as duas curvas afastam-se muito pouco, isto é, existe uma zona à volta do ponto de contacto em que as perdas são relativamente pequenas; como as características das turbinas modernas têm curvaturas mais fracas, na realidade, nessas zonas, as perdas são bastante menores. Estas zonas são, para perdas da mesma ordem, mais ou menos extensas consoante o tipo de turbina.

Como exemplo apresento um quadro de manobra para a conjugação de três turbinas diferentes (fig. 9), no qual se indicam as combinações mais favoráveis e as perdas em relação a elas correspondentes às outras combinações possíveis para fornecer a potência requerida. Se, por exemplo, estando as três turbinas em funcionamento, a carga da central baixa momentâneamente para 24, poderá não valer a pena passar-se à combinação BC; mas se se souber que a carga vai continuar a baixar e se deve manter durante algum tempo à volta de 16, há então conveniência em passar directamente da combinação ABC para AB.

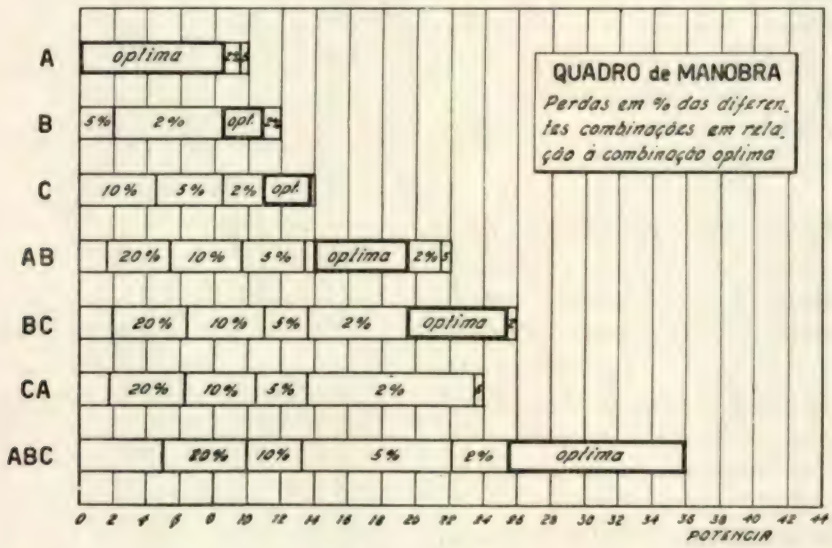


Fig. 9

Sabendo quais as máquinas que devem estar em funcionamento resta ver qual a forma prática de realizar a melhor repartição da carga entre elas. Nas centrais com turbinas iguais e em pequeno número, caso normal das centrais modernas, é muito fácil resolver êsse problema, visto a repartição óptima para a maioria das turbinas corresponder à igualdade de cargas; basta então saber qual o número de máquinas que devem estar em funcionamento pois os reguladores,

tendo a mesma sensibilidade, encarregam-se de repartir igualmente a carga entre as várias turbinas. Se estas forem diferentes já é um pouco mais difícil, sendo então necessário equipar os reguladores com limitadores de abertura dos distribuïdores, que podem até ser manobrados elèctricamente da sala de comando.

No caso de turbinas Hélices e de certas turbinas Francis muito rápidas, cujas características apresentam pontos de inflexão altos, a repartição óptima já não corresponde sempre à igualdade de cargas; ainda nesta hipótese se pode resolver o problema, sendo porém necessário adoptar um tipo especial de «came» no regulador, além do limitador de abertura do distribuïdor.

As modificações a introduzir nos reguladores para a repartição automática ou semi-automática da carga foram objecto de patentes registadas pela casa «Ateliers Neyret-Beylier & Piccard-Pictet».

Na aplicação do método gráfico deve ter-se sempre em atenção que as perdas de carga nas condutas, a variação da altura de queda, o desgaste das diferentes peças, a cavitação, etc., podem dar lugar a modificações importantes das formas das curvas características das turbinas, e, consequentemente, da melhor maneira de as conjugar.

Para a apresentação dêste trabalho foram utilizadas as curvas características potência-caudal, por elas serem as mais expressivas. Podem no entanto utilizar-se, com vantagem, curvas obtidas por transformação daquelas e com as mesmas propriedades, cuja curvatura pode ser muito mais acentuada (tanto quanto se quiser), o que facilita a determinação dos pontos de passagem. Um exemplo duma transformação dêste género consiste em traçar uma curva cujas abscissas sejam os caudais e as ordenadas, na escala em que se quiser, os segmentos de ordenadas compreendidos entre a característica N-Q e uma recta OR passando pela origem e com um coeficiente angular superior ao da tangente no ponto de rendimento máximo (fig. 10). Para dar uma interpretação simples a estas curvas o coeficiente angular da recta OR foi escolhido de maneira a que ela corresponda a um rendimento igual à unidade; assim, as ordenadas representam as perdas absolutas, motivo por que designo esta transformada por curva de perdas. As rectas indicativas da mesma potência passam, nesta transformação, a ser inclinadas.

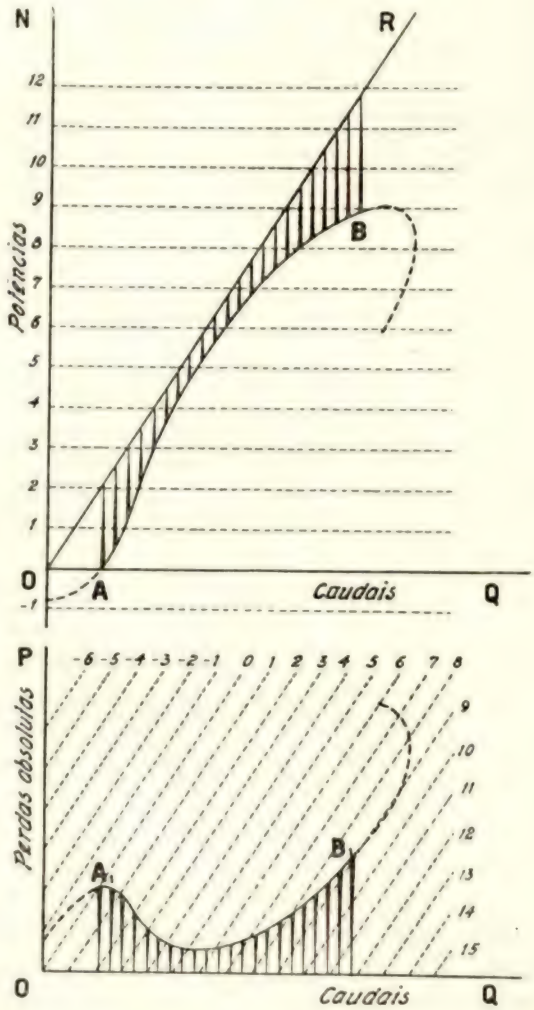


Fig. 10
Curva de perdas

Apresentei apenas as noções basilares indispensáveis para o estudo da conjução das várias turbinas duma central hidroeléctrica; muito fica por dizer, mas a discussão pormenorizada de todos os casos particulares seria excessivamente demorada.

Pôrto, Junho de 1942

BETÃO ESTANQUE

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) MANUEL **BRAVO**

I

No problema da estanquidade dos betões costuma procurar-se a solução por qualquer dos dois seguintes caminhos:

1.º) Adição de uma matéria, sólida ou líquida, numa determinada dosagem do composto cimento - pedra - areia, com o fim de a tornar mais impermeável.

2.º) Determinação das composições granulométricas das matérias inertes e escolha das proporções mais convenientes da mistura *areia-pedra,* acompanhada ou não da inclusão ou exclusão de determinada dimensão dos seus componentes.

Estão no primeiro caso os produtos do tipo Diatomite, impròpriamente chamada terra de infusórios[1], e outros produtos hidrófugos cujos nomes não vale a pena mencionar em virtude da sua extensão.

Pertencem ao segundo caso os estudos feitos por uma imensidade de conhecidos nomes: Abrams, Bolomey, Fuller, Feret, etc.

No entanto, a maior parte dos autores encara quási sempre o problema da compacidade dos betões, pelo que êle interessa à resistência à compressão. Se para muitos trabalhos, a maioria, a resistência à compressão domina a preocupação do engenheiro, há casos em que ela só por si não basta para resolver satisfatòriamente o problema em causa.

Aquela preocupação dominante reflecte-se na maior parte dos «regulamentos» conhecidos.

Assim o Regulamento Português do Betão Armado, de 1935 (R. B. A/35), pelo que diz respeito à *Areia* estabelece: (art. 6.º, alínea *b*):

> «Ser quanto possível composta de grãos grossos e finos[1], na proporção aproximada de duas terças partes dos primeiros para uma terça parte dos segundos, porém de forma que a sua composição granulométrica seja o mais conveniente para a compacidade de argamassa».

Nesta latitude do «quanto possível» à do «mais conveniente» tem o técnico ensejo de se afundar num mar de conjecturas.

Pelo que diz respeito à *Pedra,* estabelece (art. 7.º):

> . . . . . .
>
> Deverão adoptar-se dimensões que permitam a fácil penetração das pedras entre os varões das armaduras e por entre estas e os moldes. As dimensões normais serão as que permitem a passagem por um crivo com orifícios de 4 cm de diâmetro, mas em macissos ou peças volumosas poderão empregar-se pedras com dimensões superiores, que deverão ser fixadas especialmente nos cadernos de encargos.

No que se refere ao *Betão* (art. 10.º, alínea *c*), diz:

> «A dosagem do betão normal será de 300 kg de cimento, 400 l de areia e 800 l de pedra; podem adoptar-se

---

[1] A diatomite é uma alga, também conhecida com o nome de Kieselgur ou Tripoli.

[1] grão grosso: < 5 mm e > 2 mm
grão fino: < 0.5 mm.

outras dosagens mas de forma que a quantidade de cimento por m^3 de betão antes da presa e apiloado seja pelo menos 300 kg.»

e na alínea *e*

«Na construção de edifícios em partes não sujeitas às acções das intempéries ou umidades poderá empregar-se a dosagem de 270 kg de cimento por metro cúbico de betão, desde que haja especial cuidado na selecção dos materiais e no apiloamento. Excepcionalmente, nas mesmas condições e com prévia autorização da entidade competente, poderá esta quantidade de cimento ser reduzida para 250 kg desde que a composição granulométrica dos materiais seja convenientemente escolhida, os trabalhos feitos com o maior escrúpulo e se observe a doutrina do § único do art. 21.º [1] quanto aos cálculos, execução e fiscalização dos trabalhos. A resistência específica mínima dêstes betões deverá ser a mesma que a indicada para o betão normal [2].»

dizendo na alínea *f*

«Em pontes é obrigatório o emprêgo do betão com, pelo menos, 300 kg de cimento por m^3.»

O R. B. A. - 35 especifica ainda pelo que diz respeito à *betonagem* (art. 61.º):

«O betão será lançado nos moldes por camadas com a espessura aproximada de 15 cm e apiloado com pilões manuais ou mecânicos de pêso e feitio convenientes, ou vibradores apropriados, para que fique o mais compacto possível e não deixe vazios no interior da massa, junto dos moldes ou em volta das armaduras.»

. . . . . .

Isto de se dizer «não deixe vazios» é evidentemente fôrça de expressão, sendo maneira mais apropriada o dizer-se que se deve tratar a massa de modo a deixá-la com o mínimo de vazios compatível com a sua composição.

Com efeito, E. Freyssinet [1], demonstrou que, chamando *c* o volume de cimento na unidade de betão; *Kc* o volume no estado anidro do cimento, que está hidratado no instante em que o betão foi examinado; *Kc (1 + H)* o volume de hidrato formado, *e* o volume de água que êle contém depois de vazado e antes da presa, e $1 - \Gamma$ o volume dos vazios na unidade de volume do betão, que:

$$1 - \Gamma = e + Kc - Kc\,(1 + H) = c\left(\frac{e}{c} - KH\right)$$

Ora, se chamamos H' a quantidade de água necessária à presa do volume da unidade de cimento

$$\frac{e}{Kc} \geqslant H'$$

Como em todos os cimentos a presa se dá com contracção

$$H' > H$$

e $1 - \Gamma > 0$ mesmo no caso limite de

$$e = Kc\,H'$$

Mas voltemos às dosagens [2]:

Segundo as «Instruções francesas de 1934» a mistura recomendada é de 800 litros

---

(1) Refere-se aos limites de fadiga do betão à compressão simples ou à compressão resultante da flexão simples ou composta.

(2) A resistência específica, C, do betão normal aos 28 dias será pelo menos de 180 kg/cm² (Art. 10.º, alínea *d*).

(1) Idées et voies nouvelles, vd. Science et Industrie, Jan., 1933.

(2) Prof. Adrien Paris — Cours de Beton Armé — Lausanne 1939. F. Rouge Ed.

de pedra, 400 litros de areia e 300 ou 350 ou mesmo 400 kg de cimento Portland.

Por outro lado o «Caderno de encargos francês de 1934» diz: «Em caso nenhum a dosagem deverá descer abaixo de 250 kg de cimento por metro cúbico de matérias inertes prèviamente misturadas.

A «Prescrição federal suiça de 1935» estabelece que a dosagem normal é de 300 kg de cimento por m^3 de betão pôsto em obra. Nos trabalhos não expostos às intempéries ou outros agentes prejudiciais, pode reduzir-se esta dosagem até 250 kgs/m^3, com a condição das resistências especificadas para o betão de 300 kgs/m^3 serem garantidas.

Finalmente, o «Regulamento alemão de 1925» diz que se o betão armado fôr protegido contra a umidade, autoriza-se uma diminuïção da dosagem até 270 kgs/m^3 (dosagem normal 300 kgs/m^3 no final).

Para as pontes ou outras obras particularmente expostas à ferrugem, pode ser exigido um enriquecimento da dosagem.

Vê-se portanto que o problema da permeabilidade dos betões não é encarado oficialmente como uma obrigatoriedade na diversa regulamentação geral dos betões. (1)

No entanto, quando o técnico tem de construir obras em que a permeabilidade dos betões seja tão necessária como a resistência dêstes o problema tem de ser encarado e resolvido.

Nos casos mais usuais, o problema tem interêsse quando se consideram reservatórios, aquedutos ou pontes-canal.

O problema da granulometria dos agregados aparece como o primeiro factor a tomar em consideração. Como Freyssinet demonstrou na sua já citada teoria, entre os principais factores das propriedades dos betões estão os fenómenos de equilíbrio entre as fases em presença, onde as tensões superficiais desempenham um grande papel.

Como êle diz, um betão é um aglomerado de grãos variando duma fracção de micron ao centímetro, deixando entre êles vazios cheios de água, ar ou vapor de água, donde a formação de sucessivos canais. A circulação de água é aí muito demorada em virtude da viscosidade e do fraco diâmetro médio dos orifícios. A não ser que haja canais de secção muito grande, a passagem da água através do betão é bastante lenta para que a estanquidade seja pràticamente realizada.

* * *

No caso particular de reservatórios para outros líquidos, que não a água, como por exemplo de combustíveis líquidos tem de se tomar precauções especiais pelo que diz respeito à permeabilidade.

A gasolina, por exemplo, passa mais ràpidamente pelos orifícios do que a água, em virtude da menor viscosidade.

No caso já citado dos combustíveis líquidos o deslocamento da água que preenche os canalículos, provoca uma diminuïção progressiva das resistências do betão à tracção e à compressão. Para resolver o problema neste caso particular, basta encontrar um meio que impeça a introdução do combustível na rêde de canais.

As tendências mais modernas são para empregar uma cortina intermediária, de água, que desempenha quer o papel de obturador dos vazios do betão, quer o de cortina impermeável ao combustível, quer simultâneamente.

* * *

Do que deixamos exposto, vê-se que o melhor processo de tornar um betão estanque, é diminuir os vazios ao mínimo. É neste princípio que se funda o método prático que passo a descrever.

---

(1) O Prof. G. Magnel, na Dosagem Científica dos Betões (Pratique du Calcul do Béton Armé — Pág. 275 — — 3.ª edição — Ed. Von R. Rombault, 1931) — diz: Entre as propriedades dos betões que são de natureza a interessar particularmente o engenheiro, citemos:

a) A resistência à compressão, à tracção, ao choque e ao desgaste ao fim de determinado período.

b) A maniabilidade

c) a estabilidade

d) o prêço de custo

Também aqui, a estanquidade não é preocupação.

II

Para o caso especial de estanquidade para a água, vamos ver um processo [1] prático de determinar a composição da mistura cimento-areia-pedra-água.

Material necessário

1) 1 balança decimal.
2) 1 balde de c.ª 20 litros.
3) 1 varão de ø 1", para apiloamento.

Operações a efecfuar

A—*Determinação da proporção areia/pedra.*
B—*Determinação do pêso total de areia e pedra por saco de cimento de 50 kg.*
C—*Determinação da quantidade de água.*

A — Determinação da proporção areia/pedra

1 litro de areia pesa aproximadamente 1,3 a 1,8 kg quando lançada naturalmente na medida e conforme o seu tipo granulométrico e grau de umidade; 1 litro de pedra pesa cêrca de 1,3 a 1,7 kg. — No entanto, para o betão não se costuma empregar a areia ou pedra completamente ensopadas. Para os tipos correntes de areia e pedra normalmente empregados, e quando medidos sem ser calcados podemos contar com 1,3 a 1,5 kg e 1,4 a 1,6 kg respectivamente.

A areia batida pode, contudo, atingir o pêso de 1,8 kg/l. A mistura de areia e pedra pesa, quando batida, cêrca de 1,9 a 2,1 kg/l.

a) *Determinação da quantidade de água na areia.*

Emprega-se o processo usual, por meio de uma estufa e fazendo a diferença de pêsos.

b) *Determinação da melhor proporção.*

Escolhemos misturas cujo total seja de 30 kg, por exemplo, e fazemos 3 provas como as indicadas no Quadro I.

Para cada prova executamos as seguintes operações:

Fazemos o traço da mistura areia/pedra de modo a ficar um conjuntò homogéneo à vista. Colocamos o balde na balança, depois de prèviamente tarado e lança-se 1/3 da primeira mistura. Deita-se a água encostada à parede do balde e junto ao bôrdo, para que suba pelo fundo, e comprime-se com o varão. Deitam-se do mesmo modo o segundo e terceiro terços.

No último, a água deve atingir a superfície média da pedra. Pesa-se e regista-se.

Das três misturas a que pesar menos é a mais compacta por ter o mínimo de vazios.

[1] Ct. O. — Dinamarca.

QUADRO I

1.ª Prova 30% areia + 70% pedra	2.ª Prova 40% areia + 60% pedra	3.ª Prova 50% areia + 50% pedra
9 kg de Areia 21 kg de Pedra	12 kg de Areia 18 kg de Pedra	15 kg de Areia 15 kg de Pedra
Total 30 kg	30 kg	30 kg

EXEMPLO 1

1.ª Prova	2.ª Prova	3.ª Prova
9 kg de Areia 21 kg de Pedra	12 kg de Areia 18 kg de Pedra	15 kg de Areia 15 kg de Pedra
Total 30 kg	30 kg	30 kg
Pêso com água e batida 33,38 kg	32,25 kg	31,75 kg
Aumento de pêso 3,38 kg	2,25 kg	1,75 kg

EXEMPLO 2

1.ª Prova	2.ª Prova	3.ª Prova
9 kg de Areia 21 kg de Pedra	12 kg de Areia 18 kg de Pedra	15 kg de Areia 15 kg de Pedra
Total 30 kg	30 kg	30 kg
Pêso com água e batida 32,55 kg	32,85 kg	33,35 kg
Aumento de pêso 2,55	2,85 kg	3,85 kg

No exemplo 1 escolheríamos a 3.ª Prova e no exemplo 2 a 1.ª Em qualquer dos exemplos porém os resultados mostram que conviria fazer mais uma prova a-fim-de não extrapolar. Isto é, conviria confirmar, para o exemplo 1 com mais uma prova, por exemplo 16 kg de areia e 14 kg de pedra, se os vazios aumentavam realmente. Pelas mesmas razões, no exemplo 2 executaríamos uma proporção, por exemplo 8 kg de areia + + 22 kg de pedra e víamos qual o sentido da variação dos vazios.

B) **Determinação do pêso total de areia e pedra por saco de cimento de 50 kg**

Em primeiro lugar entra-se em consideração com a quantidade de água na areia, o que vem indicado no Quadro II. Por

exemplo, uma percentagem de 5 % de umidade em 15 kg de areia, pesa 0,75 kg de água (se empregássemos uma pedra que absorvesse uma quantidade de água apreciável, o que sob o ponto de vista construtivo não seria recomendável, juntaríamos essa água à da areia, para efeitos de cálculo).

QUADRO II

Quantidade de água na Areia, expressa em kg						
Umidade	Pequena umidade		Umidade normal		Úmida	
	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %
6 kg de Areia úmida	0.060	0.120	0.180	0.240	0.300	0.360
7 » »	0.070	0.140	0.210	0.280	0.350	0.420
8 » »	0.080	0.160	0.240	0.320	0.400	0.480
9 » »	0.090	0.180	0.270	0.360	0.450	0.540
10 » »	0.100	0.200	0.300	0 400	0.500	0.600
11 » »	0.110	0.220	0.330	0.440	0.550	0.660
12 » »	0.120	0.240	0 360	0.480	0.600	0.720
13 » »	0.130	0.260	0.390	0.520	0.650	0.780
14 » »	0.140	0 280	0.420	0.560	0.700	0.840
15 » »	0.140	0.300	0.450	0.600	0.750	0.900

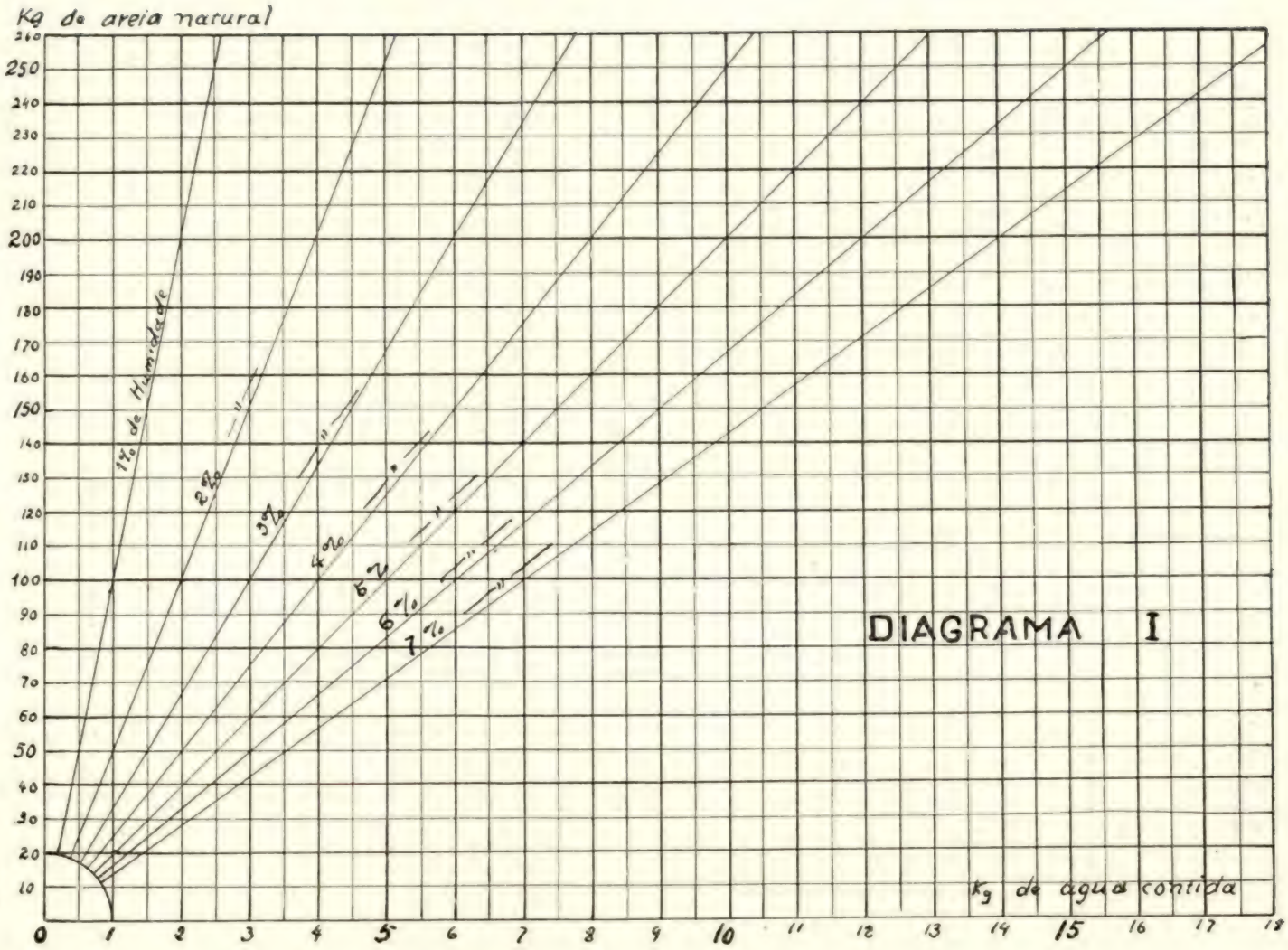
O pêso de água achado neste quadro, adiciona-se ao pêso obtido na prova anterior.

O total de areia e pedra por saco de cimento de 50 kg determina-se pelo Quadro III.

QUADRO III

Quantidade de areia ou pedra para 1 saco de cimento de 50 kg

Água total nos ensaios mais a água devida à percentagem de umidade	Areia com umidade natural ou Pedra, em kg															
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1,5	149	174	199	224	248	273	299	324	348	373	398	422	447	471	498	522
1,6	140	164	189	209	233	256	280	304	326	349	373	396	419	441	466	489
1,7	132	154	175	198	219	247	264	285	307	329	351	374	394	415	439	461
1,8	125	145	166	186	206	228	248	269	291	311	332	353	373	393	414	435
1,9	118	138	158	176	196	216	235	255	275	294	314	334	353	372	393	412
2,0	112	131	149	168	186	205	224	242	261	280	298	318	335	353	373	392
2,1	107	125	142	160	178	195	213	231	249	266	284	302	319	336	355	373
2,2	102	119	135	153	169	186	204	220	238	254	271	288	305	321	389	355
2,3	98	113	129	146	162	179	194	211	227	244	260	275	292	307	325	340
2,4	93	109	125	140	155	171	186	202	218	233	248	265	280	294	311	326
2,5	89	105	120	134	149	165	179	194	209	224	239	254	268	282	298	313
2,6	86	100	115	129	144	168	172	187	201	215	229	244	258	272	287	301
2,7	84	96	111	125	138	152	166	180	193	207	221	235	249	261	276	291
2,8	80	93	107	120	133	147	160	173	187	200	213	227	240	252	266	280
2,9	78	91	102	115	128	141	154	167	180	193	206	219	231	244	258	269
3,0	75	87	100	112	125	136	149	162	174	186	199	212	224	235	248	261
3,2	71	81	93	105	116	128	140	152	164	175	186	199	209	221	233	245
3,4	66	76	88	99	109	121	132	142	154	165	175	187	198	208	220	231
3,6	62	73	82	93	104	114	125	135	145	155	166	176	186	196	207	218
3,8	59	68	79	88	98	108	118	128	138	147	156	167	176	186	196	206
4,0	56	65	74	84	93	102	112	121	131	140	149	159	168	176	187	195
4,2	54	62	71	80	88	98	107	115	125	133	142	151	160	168	178	186
4,4	51	59	68	76	85	93	101	111	119	127	135	144	153	160	169	178
4,6	48	56	65	73	81	89	98	106	114	121	129	138	146	154	162	171
4,8	47	54	62	69	78	86	93	101	108	116	125	132	140	147	155	164
5,0	45	52	60	67	74	82	89	96	105	112	119	127	134	142	149	156


Kg de areia natural
1% de Humidade
2%
3%
4%
5%
6%
7%
DIAGRAMA I
Kg de agua contida

Consideremos novamente o exemplo n.º 1.

Suponhamos que a nossa areia tem 5 % de umidade, podemos então escrever:

Água em 15 kg de areia	0.75 kg
Aumento de pêso, na 3.ª prova.	1.75 »
Total de água.....	2.50 kg

Total de areia, com a umidade natural, segundo o Quadro III	224 kg
Total de pedra, do Quadro III ..	224 »

Estes materiais dão uma mistura de 50 kg de cimento para 448 kg de Areia e Pedra, quere dizer 1:8,9 do seu pêso.

Retomemos o exemplo n.º 2 e suponhamos que a areia tinha 3 % de umidade. Escreveremos:

Água em 9 kg de Areia	0.27 kg
Aumento de pêso, na 1.ª prova ..	2.55 »
Total de água.....	2.82 kg

Total de areia, com a umidade natural, segundo o Quadro III	120 kg
Total de pedra, do Quadro III ..	280 kg

Estes materiais dão uma mistura de 50 kg de cimento para 400 kg de Areia e Pedra, isto é 1:8 do seu pêso:

Se porventura tivéssemos 50 % de Areia e 50 % de Pedra com um total de 3,80 kg obtinhamos 147 kg de areia e 147 kg de pedra, isto é, uma mistura de 50 kg de cimento para 294 de materiais inertes, quere dizer 1:5,9, portanto menos económica.

C) Determinação de quantidade total de água

Uma mistura com 50 kg de cimento, deve conter no máximo 32.5 kg de água, isto é 0.65 kg de água por kg de cimento. Bem entendido, que por máximo de água consideramos não só aquela que se adiciona no fabrico do betão, como também a que a areia já contém em si.

Por outro lado, a quantidade de água mínima, atendendo à maniabilidade do betão, deve ser de 0.54 kg/kg cimento, isto é o total de água contida na areia e a que se adiciona deve ser no mínimo de 27 kg para 50 kg de cimento.

A quantidade de água contida na areia dada no Quadro III pode determinar-se por meio do diagrama I. Retomemos novamente o

Exemplo 1

Por saco de 50 kg de cimento são necessários 224 kg de areia com 5 % de umidade. Do diagrama I tira-se que o total de água contida é de 11,1 kg, o que dá o seguinte:

Máxima quantidade de água ...	32.5 kg
Água na areia	11.1 »
Máxima quantidade de água a adicionar	21.4 kg

Mínima quantidade de água....	27.0 kg
Água na areia.....	11.1 »
Mínimu quantidade de água a adicionar	15,9 kg

Igualmente, para o exemplo 2 viria:

Exemplo 2

Por saco de 50 kg de cimento são necessários 120 kg de areia com 3 % de umidade. Do diagrama I tira-se que o total de água contida é de 3.6 kg, o que dá o seguinte:

Máxima quantidade de água ...	32,5 kg
Água na areia.....	3,6 »
Máxima quantidade de água a juntar	23,4 kg

Mínima quantidade de água....	27,0 kg
Água na areia.....	3.6 »
Mínima quantidade de água a juntar	23,4 kg

Recapitulando, vemos que no caso do Exemplo I a mistura seria de:

Cimento	50 kg
Areia.....	224 »
Pedra	224 »
Água.....	21,4 a 15,9 L

e no caso do exemplo 2:

Cimento	50 kg
Areia.....	120 »
Pedra	280 »
Água.....	28,9 a 23,4 L

Determinando a densidade aparente dos nossos materiais, areia e pedra podemos converter os resultados obtidos em kg em m3. Se tomarmos para a areia o valor de 1,4 kg e 1.5 para a pedra, vem

	Exemplo 1	Exemplo 2
Cimento	50 kg.....	50 kg
Areia	160 l	86 l
Pedra	149 l	187 l
Água	21,4 a 15,9 l..	28,9 a 23,4 L

Estes valores são fictícios e servem apenas como exemplos de aplicação dos dados anteriores. Contudo, já apliquei êste método com excelentes resultados, na determinação da composição de uma mistura para uma obra em que havia necessidade do betão ser estanque. A espessura das paredes, armadas duplamente era de 15 a 10 cm. Os resultados obtidos podem considerar-se como muito bons.

Êste processo representa um método automático de efectuar o estudo granulométrico dos agregados de que se dispõe no estaleiro. Por êle se pode ver a maneira mais económica e mais racional no emprêgo dos materiais que possuirmos.

Projecto de Aproveitamento Hidro-Eléctrico do rio Zêzere entre ponte de Bouçã e Castelo de Bode

Tendo ùltimamente vindo a público o projecto do Aproveitamento Hidro-Eléctrico do Rio Zêzere, da autoria do Ex.mo Sr. Eng.º Zuzarte de Mendonça, lembrou-se a «Técnica», por julgar isso interessante, de fazer a publicação da Memória Descritiva, Produção de energia e plano de exploração, Medição e Orçamento do Projecto de Aproveitamento Hidro-Eléctrico do mesmo rio apresentado em 1927 pela extinta Companhia Nacional de Viação e Electricidade e que foi elaborado pelo Gabinete de Estudos do Engenheiro Italiano Angelo Omodeo.

Gostaria a «Técnica» de publicar êste trabalho completo, fazendo-o acompanhar de tôdas as gravuras que fazem parte do projecto. Mas o seu elevado número e a dificuldade de reprodução impedem-nos de realizar êste objectivo.

MEMÓRIA DESCRITIVA

Generalidades

O rio Zêzere, principal afluente do Tejo, desagua nêste rio junto a Vila Nova de Constância a 120 km da foz e 18,0 metros de altitude, nascendo na Serra da Estrêla, na pitoresca região dos Cântaros.

Com um curso tortuoso e de grande declive, atravessa na direcção N E o maciço granítico da sua origem e desemboca por uma ampla curva na planície de Belmonte, mudando em seguida as características do seu curso.

O declive é notàvelmente deminuído, a direcção quási oposta à primeira; à ampla curva e à conformação glacial do vale superior correspondem numerosas e apertadas curvas percorrendo o rio um leito sinuoso, cavado no alto planalto que forma a sua bacia.

Esta característica é mantida pelo Zêzere até à confluência com o Tejo, para a qual se dirige com gradual deminuïção de pendente (de 4 a 5 % a 0,4 %) e alargamento do vale com a direcção S E até às proximidades de Figueiró dos Vinhos, onde muda para o sentido N E.

A bacia hidrográfica do rio Zêzere, de 5.250 quilómetros quadrados de extensão, é um grande e alto planalto limitado ao Norte pela Serra da Estrêla, ao sul pela Serra da Guardunha, que se eleva com declive regular no sentido W E atingindo a sua máxima altura na Serra da Estrêla (1991m,00).

A bacia é coberta, em grande parte, por pinhais, aparecendo alguns pequenos prados e olivais e havendo algumas hortas em que a cultura se faz intensivamente.

Ao longo do rio, especialmente no curso inferior, há numerosos moinhos utilizáveis em poucos meses do ano, sendo destruídos quási todos os anos pelas cheias; poucas e míseras casas se encontram disseminadas ao longo do vale, pois as aldeias estão situadas na encosta do planalto.

Geologia

A região do rio Zêzere faz parte da meseta do velho maciço central ibérico pre-mezosóica.

O relêvo é muito velho e transformado num planalto, mas é rejuvenescido pela formação das serras da Estrêla e Guardunha e pelo trabalho dos cursos de água a que estas montanhas deram origem.

O planalto mesético eleva-se com andamento regular da região do Nabão (cota 100 aproximadamente) para E até atingir quási 2.000 metros no cume da Serra da Estrêla.

A base é constituída por xistos câmbrico ou precâmbrico que cedem o lugar nalguns pontos aos granitos.

Os granitos cobrem a grande superfície das serras da Estrêla e Guardunha, mas na base xistosa não ocupam senão pequenas zonas como a de Pedrógão Pequeno e Ponte de Bouçã.

Não há na bacia do Zêzere outra formação geológica além das indicadas, exceptuando pequenas manchas de quartzite do silúrico com orientação NW-SE e uma pequena zona de calcário devónico, junto de Bornes.

Das barragens projectadas que adiante descreveremos, as do Cabril e ponte de Bouçã estão situada nos maciços de granito citados; a de Castelo de Bode na zona dos xistos.

Pluviometria

A alta bacia do Zêzere é a zona de maior precipitação de chuvas não só de Portugal como também de tôda a península ibérica: Com efeito, os dados do observatório da serra da Estrêla à cota 1216, funcionando regularmente desde 1882, dão como média anual 2380 milímetros, valor bem superior ao verificado nos Pirenéus e na cadeia do Cantabro.

Infelizmente não é possível obter outras medições pluviométricas na bacia do Zêzere, havendo sòmente na vertente sul da Guardunha (à cota 516,00 m) a estação de S. Fiel funcionando desde 1902 a 1910.

A distribuïção da chuva é irregular, sendo cêrca de 2/3 concentrados em quatro meses do ano.

O valor médio presumível para a bacia é certamente superior a 1.300 milímetros no ano médio.

Caudal

Para avaliar os caudais de cada secção do rio Zêzere onde estão projectados os aproveitamentos, dispomos de cinco anos de medidas das escalas hidrométricas do Cabril e Barca da Esteveira.

Baseados na curva do caudal determinada para o Cabril e confrontando com as respectivas bacias hidrográficas, podemos obter para as diversas instalações projectadas uma avaliação dos caudais que é confirmada pelo exame dos dados pluviométricos suficientemente aproximados.

Os dois diagramas dos caudais de Novembro de 1921 a Dezembro de 1926 têm como característica grandes cheias no período que vai de Outubro e Novembro até ao mês de Maio.

A partir dêste mês o caudal deminue até um valor mínimo, inapreciável nos meses de Agôsto e Setembro. Como valor médio anual no Cabril, teremos 62 metros cúbicos por segundo e 81 metros em Castelo de Bode.

As condições hidrológicas e económicas expostas indicam-nos, como esqeuma tècnicamente mais racional, e ainda mais económico do aproveitamento hidro-eléctrico do rio Zêzere, a formação ao longo do seu curso duma série de albufeiras com central situada ao pé do dique, criando-se, assim, as quedas e os caudais durante o verão.

Segundo esta concepção, estudámos entre Cambas e a confluência do rio Nabão três instalações:

1.ª — Cabril — com dique, um pequeno canal e duas centrais, conforme o projecto apresentado nas instâncias oficiais.

2.ª — Ponte da Bouçã — com um dique de $45^{m},00$ de altura, cujo regolfo chega até à descarga da central do moinho das Freiras, consoante o projecto que apresentámos como variante ao de Vila Gaia.

3.ª — Castelo de Bode — com o nível máximo até à ponte de Bouçã, que é objecto do projecto presente.

Potência instalada — energia produzida em Castelo de Bode.

Segundo os diagramas, tendo em consideração a capacidade dos reservatórios, o caudal médio anual utilizável em Castelo de Bode será de $50^{m3},00$ com salto médio de $78^{m},00$, variável entre 85-50 e 55-50.

A potência média anual permanente é de HP nominal $\frac{1.000 \times 50 \times 78}{75} = 52.000$ HP efectivos, 43.000 no eixo das turbinas ($\rho = 0,83$) e em

kW 30.000 à saída dos alternadores (ρ — 0,95).

Sendo cêrca de 2.500–3.000 horas por ano a duração de serviço previsto, instalar-se-á uma potência tripla da normal, isto é, com uma reserva HP 140.000 em cinco grupos de 28.000 HP.

Os kWh produzidos anualmente serão 250 milhões na Central, ou sejam cêrca de 225 milhões à entrada de Lisboa.

Descrição das obras

1) *Dique*

A posição mais conveniente para menor cubagem da massa da barragem pela boa qualidade e disposição das rochas dos flancos e do fundo e ainda em virtude da mais conveniente conformação do terreno no que diz respeito às obras de descarga das cheias e depois do profundo exame e repetidas visitas ao Vale, resultou a do Castelo de Bode.

O tipo de muro de barragem escolhido e que se impunha é o tipo de gravidade. Dada a considerável altura e a grande altura da retenção das águas, tornou-se necessária a adopção dum completo sistema de drenagens, tanto internas como de fundo, que, além de evitarem as subpressões nas fundações e pressões internas na massa do muro, mantêm nesta um grau de umidade não excessiva e permitem em qualquer momento averiguar das suas condições internas de temperatura e permeabilidade.

O traçado planimétrico do muro da barragem é rectilíneo. De vários estudos feitos resultou que o muro rectilíneo é o de menor cubagem, portanto, o mais económico e ainda no caso considerado aparece a vantagem de uma melhor montagem nos flancos. Para evitar a eventual produção de fendas as quais resultam de variações de temperatura, dispuzeram-se várias juntas de contracção a distâncias uma das outras não superiores a 30 metros. O tipo das juntas vai claramente indicado nos desenhos.

A secção projectada para o muro da barragem é a triangular com o vértice no plano da máxima retenção e com inclinação de 0,75 para o Vale. Ao paramento de montante deu-se uma inclinação de 0,05 para ter uma distribuïção de cargas mais uniforme com o reservatório vazio.

A crista fica cinco metros acima do nível da máxima retenção e tem de largura 5 metros e sendo o comprimento total do muro entre as vertentes 230 metros. O coroamento é rectilíneo e piso de estrada. Os dados construtivos do muro da barragem estão reünidos nos vários desenhos. A cota de retenção máxima fixada em 110 metros determina a altura do dique, da retenção ao alveo, com cêrca de 89 metros; a altura até à crista será de 93 metros. Dada a importância do muro da barragem, fêz-se o cálculo de verificação analítico e gráfico: cálculos completos e independentes e para maior segurança adoptou-se uma subpressão no paramento de montante igual a metade da retenção $\left(=\frac{1}{2}y\right)$ e a juzante igual a zero, devendo recordar-se ainda que o muro é projectado com drenagens horizontais ao longo de tôda a fundação com galerias de inspecção e acesso, de recolha das infiltrações eventuais dispostas em três alturas diversas. Além disso o muro é munido de uma cortina de guarda, obras éstas aptas a constituir uma válida defesa contra as infiltrações e subpressões.

O cálculo analítico, claramente exposto com uma legenda dos símbolos, vai anexo a esta relação, ao passo que o gráfico constitue um desenho especial do projecto. Para maior clareza juntou-se a curva das pressões com reservatório cheio considerando também as subpressões. Os esforços máximos que solicitarão o muro nas mais desfavoráveis condições são largamente toleráveis.

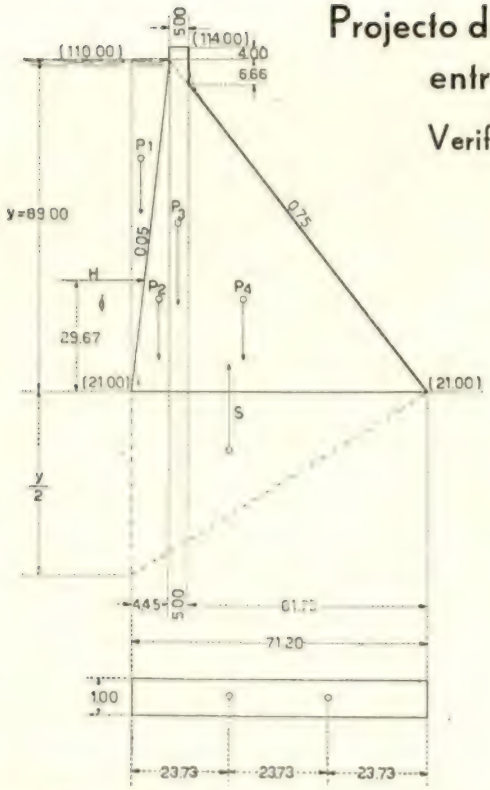
A estrutura será feita em betão de cimento, à base de brita obtida com britadeira: o betão será amassado mecânicamente de molde a garantir além de uma manipulação constante e uniforme, uma produção intensa e continuada; será, além disso, vazado no local onde é aplicado.

As percentagens adoptadas para a preparação da massa e as zonas respectivas de emprêgo vão indicadas no desenho da secção tipo; a parte contígua ao paramento de montante, por razões de impermeabilidade, terá uma dosagem mais rica em cimento.

Ter-se-á também um cuidado especial com a construção da cortina de guarda ao longo de tôda a fundação do muro para montante. A cortina irá até à profundidade necessária para que a rocha dê as melhores garantias de ser compacta e impermeável; além disso, no fundo da exca-

Projecto de aproveitamento hidro-eléctrico do rio Zêzere entre Ponte de Bouçã e Castelo de Bode

Verificação da estabilidade geral à cota (21.00)



Bases do cálculo

K = 23 Tn. pêso específico da alvenaria

K = 1.0 Tn. pêso específico da água

F = coeficiente de atrito por escorregamento na base

Calculada a uma sob-pressão a montante — y/2 e a jusante = 0

y — Carga total de água.

1) — Escorregamento

$$F = \frac{H}{\Sigma P} : H = \frac{89 \times 89}{2} = 3960 \text{ Tn.}$$

$$\Sigma P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 - S$$

$$\Sigma P = 445 \times 445^0 + 23 \{ 4.45 \times 44.5^0 + 5.00 \times \times 93.00 + 41.17 \times 61.75 \} - \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} 89.00 \times \times 71.20 = 198 + 456 + 1069 + 5847 = 1584 - = 5886 \text{ Tn.}$$

$$F = \frac{H}{\Sigma P} \frac{3960}{3984} = \sim 0.66$$

2) — Rotação

Calculamos os momentos em relação ao terço médio da base de 71.20 quer m : 23.73 da extremidade da jusante.

Momento de rotação = MR = MH + M_5

$$MR = \frac{3960 \times 89}{3} 1584 \times 23.73 = 154.353 \text{ Tn. m.}$$

Momento de estabilidade = $\Sigma MP = MP_1 + + MP_2 + MP_3 + MP_4$

$$MP_1 = 198 \{ 71.20 - \frac{4.45}{3} - 23.73 \} = 9.106 \text{ Tn.m.}$$

$$MP_2 = 456 \{ 71.20 - \frac{2 \times 4.45}{3} - 2373 \} = = 20.292 \text{ Tn. m.}$$

$$MP_3 = 1069 \{ 61.75 + 2.50 - 22.73 \} = 43.316 \text{ Tn. m.}$$

$$MP_4 = 5847 \left\{ \frac{2}{3} \times 61.75 - 22.23 \right\} = 109.972 \text{ Tn. m.}$$

$$\Sigma MP = 174.686 \text{ Tn. m.}$$

$$\frac{\Sigma MP}{MR} = \frac{174.686}{154\,353} = \sim 1.13$$

Esforços na base

Com albufeira cheia

Distância da resultante do terço de jusante.

$$\frac{\Sigma MP - MR}{\Sigma P} = \frac{20.333}{5986} 3.40 \text{ m. l.}$$

Excentricidade à jusante em relação ao centro da junta de base

$$\frac{23.73}{2} - 3.40 = 8.47 \text{ m. l.}$$

$$\sigma = \frac{5986}{71.2} \mp 6 \times \frac{59.86 \times 8.47}{71.2 \times 71.2} = 8.42 \mp 6.00$$

σ montante = + 2.42 kg/cm²: σ jusante = = 14.42 kg/cm²

Pressão máxima sôbre o paramento de jusante

$$\sigma j = \sigma j \ (1 + 0.75^2) = 22.53 \text{ kg/cm}^2$$

Com albufeira vazia

Distância da resultante do terço de jusante

$$\Sigma P' = P_2 + P_3 + P_4 = 7372 \text{ Tn.}$$

$$\Sigma MP' = MP_2 + MP_3 + MP_4 = 165.580 \text{ Tn. m.}$$

$$\frac{\Sigma MP'}{\Sigma P'} = \frac{165.580}{7372} = 22.46 \text{ m. l.}$$

Excentricidade à montante em relação ao centro da junta de base

$$22.46 - \frac{23.73}{2} = 10.59 \text{ m. l.}$$

$$\sigma = \frac{7372}{71.2} \pm 6 \times \frac{7372 \times 10.59}{71.2 \times 71.2} = 10.35 \pm 9.24$$

σ montante = 19.59 kg/cm²; σ jusante = 1.11 kg/cm².

vação, injectar-se-á cimento fluído a uma pressão pelo menos igual à carga de água que lhe corresponde; a profundidade e espessura da cortina irão gradualmente crescendo das extremidades do muro para o fundo.

Os paramentos, quer a montante, quer a jusante, serão construídos em muro de pedra com argamassa de cimento, sendo a pedra grosseiramente trabalhada e disposta em mosaico na direcção dos paramentos; o paramento de montante terá as juntas cuidadosamente vedadas. Foi prevista a galeria de derivação do rio Zêzere durante a construção. A montante e a jusante das obras, foram projectados dois diques provisórios.

2) *Albufeira*

A máxima altura da retenção fixada em c = 110,0 cria a montante do dique uma vastíssima albufeira de capacidade total 749.250.000 m³ para a cota de nível mínimo em 80,00 m uma uma capacidade útil de 550.750.000 m³. A albufeira estende-se ao longo do Vale do Zêzere por mais de 50 quilómetros submergindo uma superfície de 27.300.000 m².

A planta geral e a planta parcelar indicam respectivamente a zona submersa e os terrenos interessados. Previu-se a modificação da ponte do Vale da Ursa, para a qual se fizeram os desenhos respectivos.

3) *Descarregador de superfície*

As obras estão dispostas na margem direita do Zêzere e são de facto independentes das obras da barragem. O descarregador é constituído por 3 comportas automáticas de sector do tipo de Stauwerke de flutuadores, funcionando também eventualmente por comando; a abertura das comportas é de 16,0 m e com a soleira a 5 metros abaixo do nível da máxima retenção, isto é, à cota 105,0 m. Entre as comportas são colocadas as colunas que contêm os órgãos de manobra. Às comportas segue-se uma rampa ligada ao canal que permite à massa da água adquirir a necessária velocidade.

O canal com o declive de 2 % vai descarregar num pequeno vale lateral do Rio Zêzere a 300 metros a juzante do dique.

As comportas são projectadas de modo a poderem sobreelevar-se de 1m,5 sôbre a máxima retenção. Calculemos agora o defluxo descarregado.

Com a abertura normal da cota 105 até a cota 110, isto é, 5 metros sôbre a soleira, com a incompleta contracção lateral, enquanto a veia de água no fundo é acompanhada pelo perfil parabólico da soleira e dada a amplitude da passagem do nível, pode aceitar-se 0,50 que dará um defluxo de

$$Q = b\,h\sqrt{2g\,H}$$

$$Q = 0{,}5 \times 5 \times 48 \times 9{,}90 = 1188 \text{ m}^3$$

que para a bacia hidrográfica total de 3.967 km² dá 300 l por km² de defluxo da cheia.

Êste caudal pode ser fornecido só pelas comportas de superfície sem considerar o auxílio do descarregador do fundo e principalmente sem avaliar a importante absorpção que dará a enorme albufeira. Avaliemos agora ràpidamente o caso de uma cheia catastrófica e na hipótese de uma elevação de 1,0 m do nível máximo, elevação que, atendendo à largura de 4,0 m do cercamento, é largamente contida. O defluxo pelas comportas será:

$$Q = 0{,}5 \times 6 \times 48 \times 10{,}85 = 1562 \text{ m}^3$$

para tôda a bacia e correspondente a um defluxo de cheia de cêrca de 400 l por km².

Para alcançar esta cota do nível obtém-se na albufeira uma maior capacidade de 30.000.000 m³ correspondente à armazenagem de um caudal 1.000 m³ por hora durante 7 meses, aproximadamente. Ora juntando êste caudal ao que se descarga com a albufeira em nível normal, atingir-se-ia uma cheia de cêrca de 2.200 m³, valor que aumenta até próximo de 2.600 m³.

Na realidade, a altura máxima da cheia dura, quanto muito, duas ou três horas e, por outro lado, o caudal de 2.200 m³ por segundo corresponde já a um valor que é de certo superior ao valor real. Daqui resulta, portanto, a plena garantia das obras projectadas.

O canal de descarga foi projectado com uma secção mais que suficiente para satisfazer o caudal de máxima cheia de 1.600 m³.

Com efeito, no cálculo aplicou-se a segunda fórmula de Bazin onde

$$U = \frac{87}{1 + \frac{V}{\sqrt{R}}} \times \sqrt{R\,i}$$

Os dados são:

$Q = 1.600$ m³/seg $C = 45{,}2$ m
$A = 180$ m² $R = 3{,}98$ m
$V = 8{,}80$ m/seg $i = 0{,}12$

Para as obras de descarga foram executados todos os desenhos necessários com os respectivos detalhes.

4) *Descarregador de fundo*

É constituído por uma série de tubos de lâmina de aço cravado com o diâmetro de 2.000 mm embebidos na massa do dique. A cota de 35,00 metros dêstes tubos permite esvaziar quási completamente a albufeira. A entrada é protegida por uma grade e é munida de uma adufa manobrada superiormente. Os tubos também podem ser fechados por meio de válvula de 1.800 mm de diâmetro.

5) *Obras acessórias e conduta forçada*

Como a central fica junto ao dique pensou-se em alimentar cada grupo directamente da albufeira e por isso as obras são constituídas por cinco bôcas de captação com o eixo à cota de 70,00 m, protegidas por grades, e cada uma munida de uma adufa manobrada superiormente, estando os órgãos de manobra contidos na respectiva cabine.

As obras de captação estão dispostas sob o paramento de montante do dique e sustentadas por mesas de cimento armado. Em cada bôca começa a derivação constituída por tubagem de lâmina de aço cravado com o diâmetro constante de 3.000 mm; as várias espessuras, o andamento das condutas e todos os dados vão claramente indicados no respectivo desenho. As tubagens metálicas são cinco, cada uma munida de junta de dilatação de celas de escorregamento, etc., e terminam com a válvula de fechar que é manobrada na sala das turbinas. O funcionamento dos órgãos de fechar é facilitado pela disposição do «by-pass» manobrado do exterior que permite em qualquer momento equilibrar as pressões. Dotou-se cada tubagem com um tubo de ar que evita em qualquer momento uma depressão nas mesmas. O caudal máximo da saída de cada derivação é de 30 m³ dadas as pequenas dimensões das condutas forçadas e admitiu-se para êste caudal uma considerável velocidade; com efeito:

$$V = \frac{30}{7{,}08} = 4{,}25 \text{ m}^3$$

a perda de carga, dado o pequeno comprimento das tubagens é mínima e segundo a fórmula de Levy resulta:

0,0032 m por m 1.

As espessuras foram calculadas com a fórmula $= \frac{p.\ D}{22}$ e naturalmente entrou-se em conta com as cravações.

O pêso das condutas vai referido no cômputo métrico.

6) *Central e edifício dos transformadores*

É construída sôbre um grande alicerce de alvenaria disposto aos pés do dique, com o eixo maior ao rio Zêzere. As tubagens alimentam cinco grupos associados verticalmente do tipo Francis com aspiração em câmara forçada e com conduta de descarga em betão e que desemboca directamente no leito do rio Zêzere. Tendo em vista o tipo de associação com eixo vertical, no edifício da Central estão bem distintas a sala das turbinas e a sala dos alternadores. Na sala das turbinas estão também colocados os dispositivos de manobra das condutas forçadas e da válvula do descarregador de fundo.

A cota de descarga foi fixada em 24,5 m. O plano de pavimento da sala dos alternadores resultou, portanto, a 34,5 m e por esta razão estará em segurança mesmo no caso de uma cheia catastrófica; na sala das turbinas as aberturas existentes e que são poucas podem ser fechadas hermèticamente.

Como já se indicou instalaram-se 5 turbinas do tipo Francis de eixo vertical e com uma potência máxima de 28.000 HP efectivos, funcionando com cargas diversas e, portanto, com rendimentos variáveis.

TABELAS TÉCNICAS

PARA

ENGENHARIA CIVIL

Compiladas por Nuno Abrantes e A. Celestino da Costa

Sob a direcção do PROF. VICENTE FERREIRA

●

Insere:

TABELAS MATEMÁTICAS; TABELAS COM CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DE DIVERSOS MATERIAIS; PERFIS LAMINADOS, SIMPLES E COMPOSTOS; TABELAS PARA O CÁLCULO DE PEÇAS COMPRIDAS COMPRIMIDAS (FÓRMULAS DE RANKINE, EULER E TETMAYER, VIERENDEEL); TABELAS DE BETÃO ARMADO; ESGOTOS, ETC.

●

A sair dentro de breves dias

OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

Os alternadores são de 25.000 kW, 10.000 V 42 períodos.

Também foram projectados as câmaras para as barras e os canais para a ventilação dos alternadores. Além disso deixou-se na sala dos alternadores espaço suficiente para eventuais desmontagens e reparações.

Em frente da Central, na margem esquerda do Zêzere, está disposto o quadro com o edifício de transformação, escritórios, habitações. Foram instalados 5 transformadores de 25.000 kW, cada um, que elevam a voltagem a 87.000 volts e com esta voltagem foram projectadas duas (2) linhas com três fios cada que transportam a corrente a Lisboa e que medem cêrca de 115 kW, cada. Além disto foram previstos dois (2) transformadores de 2.000 kWA (1 de reserva) que levam a voltagem a 10.000 volts e cuja energia será transportada por linha própria ao Entroncamento e Tomar.

Todos os dispositivos de manobra, interruptores de óleo, de cutelo, bobines, de Self, descarregadores, aparelhos de medida, etc, estão bem visíveis quer nos desenhos da Central quer nos esquemas gerais.

Para o acesso à Central foi projectada uma estrada que passa sôbre o dique acima do descarregador de superfície e vai, na margem direita, ligar-se à de Tomar.

Ponte do Vale da Ursa

Em substituïção da ponte do Vale da Ursa, projectou-se uma ponte de cimento armado de 26 vãos de 12,5 m cada, com vigamento rectilíneo que se apoia sôbre pilares também de cimento armado. O plano da estrada fica à cota de 115,0 e por esta razão 5 metros acima do nível de máxima cheia. A ponte liga-se à estrada existente por meio de terraplenos. Esta ponte tem sôbre a antiga a vantagem de evitar, em parte, as grandes subidas e descidas que hoje se tornam necessárias para alcançar a ponte existente. Introduziram-se juntas de dilatação para permitir as variações de comprimento devidas à temperatura. Nos desenhos apresentados vão indicados a planometria, a secção longitudinal, a secção transversal e os detalhes. A largura da estrada é de 6,20 m dos quais 4,40 constituem a facha de rolagem e 1,60 m dividido em dois (2) passeios laterais de 0,80 cada um.

ESTUDO HIDROLÓGICO

Para a determinação dos caudais utilizáveis na secção do Rio Zêzere, em Castelo de Bode, não tínhamos, até à data da apresentação do projecto, dados de medidas directas que permitissem aproveitar, convertendo-os em caudais, os dados de altura de água na Barca de Esteveira, lidos sôbre a escala instalada pela Companhia Nacional de Viação e Electricidade há cinco anos.

Assim, dado o exame de dados pluviómetros e a falta de estudos hidrológicos em bacias próximas, fomos obrigados a assentar o nosso estudo sôbre as poucas medidas existentes e sôbre a comparação com rios de regiões em condições climatéricas e geológicas análogas.

Os resultados a que chegámos então, baseados sôbre os raciocínios que reproduzimos adiante, foram plenamente confirmados pelos números obtidos, utilizando as medidas de altura existentes, convertidas agora em caudal, em virtude das muitas medições feitas em Castelo de Bode na primavera passada.

Pluviometria

A bacia superior do Rio Zêzere, constituída pelo maciço da Serra da Estrêla é a zona de máxima precipitação de tôda a península ibérica; com efeito, a estação hidrométrica da Serra da Estrêla, situada a 1216 metros sôbre o nível do mar, dá como chuva média anual, desde o período de regular funcionamento de 1882 até hoje, cêrca de 2400 mm.

Êste fenómeno é, por outro lado, claramente explicado pelo facto de que as correntes úmidas de oeste e sudoeste, entrando no grande anfiteatro constituído pelas Serras da Estrêla e da Gardunha, são obrigadas a subir 1.000 a 2.000 metros, deixando, portanto, ali a maior parte da sua umidade.

Além dos dados provenientes da Serra da Estrêla, temos os obtidos no Pôrto de S. Fiel, que funcionou de 1902 a 1910, e também os de Pedrógão Pequeno, onde instalámos, há cêrca de um ano, um pluviómetro registador.

Os dados das duas estações da Serra da Estrêla e S. Fiel são os seguintes:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	M	D	Ano	Observações
Serra da Estrêla	257,8	260,7	265,2	802,6	181	99,5	36,9	29,2	116,9	295,5	369,5	349,7	8464,5	Chuva média
		869			649			186			782			Chuva por estação
		35,2			26,3			7,5			31,0		100	Percentagem
S. Fiel	61,8	86,6	71,2	52,3	51,6	40,8	11,8	7,7	42,8	86,8	156,3	134,2	310,0	Chuva média
		283			181			61			286			Chuva por estação
		35,0			22,3			7,5			35,2			Percentagem
	Inverno			Primavera			Verão			Outono				

Do exame dos dados destas tabelas vê-se que, se a diferença entre os valores anuais das duas estações é maior do que se poderia deduzir da diferença da cota (o que depende de estar S. Fiel a sotavento em relação às correntes úmidas predominantes), o andamento no ano (expresso em percentagem) é sensìvelmente o mesmo.

Por isso, considerando esta distribuïção da chuva como distribuïção geral em tôda a bacia que nos interessa, calculamos como valor médio anual da chuva média sôbre a bacia, no ano médio, cêrca de 1.200 — 1.300 mm.

Hidrologia

Estabelecida assim, aproximadamente, a lei da variação da chuva, para passar às leis de variação do caudal é preciso tomar em consideração as condições geológicas e da temperatura da região.

a) *Geologia* — Como já dissemos na memória descritiva, a bacia do Rio Zêzere é constituída ùnicamente por terrenos impermeáveis, as Serras da Estrêla e da Gardunha, por granitos, e o resto quási todo por xistos câmbricos ou precâmbricos.

Assim, a influência de geologia da região, na passagem do diagrama da chuva para o diagrama dos caudais, reflete-se simplesmente num atraso em tempo devido ao escoamento da água e também à regularização devida ao fenómeno de absorção do terreno superficial.

b) *Temperatura* — A influência que a temperatura tem na formação das leis do caudal é dupla.

1) — Atraso no tempo e concentração devidos ao fenómeno de acumulação e liquefacção das neves.

2) — Perda na quantidade da água por evaporação e transpiração vegetal.

No nosso caso a influência 1 (transformação duma chuva invernal num caudal primaveril) tem uma pequena importância, sendo um tal fenómeno não muito intenso e restrito a uma pequena parte da bacia.

A influência 2 tem uma importância muito grande, mas não tanto como poderia deduzir-se dum exame superficial dos dados da evaporação; isto é, seja por que a água escape em grande parte à evaporação em virtude da absorção do terreno, seja por que o período da temperatura elevada corresponda ao período de falta de chuva.

Assim, a evaporação no verão reduz-se sòmente à quantidade de água armazenada na bacia, quantidade que, pelas ditas condições geológicas, é muito pequena.

Baseados nestas considerações, julgamos que o coeficiente de escoamento (relação entre a água escoada e a água caída) não deve ser inferior a cêrca de 60 %. Tal valor daria (com a chuva prevista de 1200 mm) um caudal médio anual no ano médio de mais que 20 litros por segundo por km. Isto é, cêrca de 80 a 85 m³ por segundo em Castelo do Bode.

Estas previsões foram, como já dissemos, confirmadas pelos dados obtidos depois da determinação da escala do caudal em Castelo de Bode.

Esta escala, estabelecida com 30 pontos corres-

pondentes a outras tantas medições de caudal [1] permite-nos o cálculo do caudal para tôdas as alturas da escala da Barca de Esteveira.

No desenho junto, está traçada a curva do caudal médio diário para os anos hidrológicos (de 10 a 10 de Setembro) de 1925, 1926 e 1927 até fim de Maio. Foram escolhidos estes dois anos e meio, *dos cinco que possuímos,* por serem os *mais desfavoráveis* para o funcionamento do reservatório (em 1926 houve 4 meses sem chuva e com temperatura elevadíssima).

Do diagrama diário foi deduzida, para o estudo gráfico do regimen do reservatório, a curva integral dos caudais. Convertemos depois o diagrama diário (pelo ano 1924-25) em forma «monótona» dispondo os caudais diários por ordem de grandeza sem relação com a disposição cronológica (curva das durações).

Do exame das curvas acima deduz-se claramente o funcionamento do reservatório, que, aparece, assim, suficiente para assegurar o *caudal de 50 m³* indicado no nosso projecto, *mesmo nos anos mais desfavoráveis.*

PRODUÇÃO DE ENERGIA E PLANO DE EXPLORAÇÃO

Como já dissemos na memória descritiva do nosso projecto, a queda em Castelo de Bode variará entre os limites 85,50 (máximo) e 55,50 (mínimo).

Calculando a energia produzida tendo em conta os valores: queda média $78^{m},00$, caudal médio anual $50^{m3},00$, teremos

$$\frac{1.000 \times 50 \times 78}{75} = 52.000 \text{ HP}$$

nominais contínuos, ou sejam 250:000.000 de kilowatts hora, nos alternadores, atribuindo às turbinas o rendimento de 0,83 e 0,95 aos alternadores.

Tomando em conta as perdas em linha e de transformação em Castelo de Bode e Lisboa, 20 %, a quantidade de energia que anualmente chega a Lisboa, será de 200:000.000 de kilowatts (à saída da cabine de transformação).

Estabelecendo por estimativa a soma de 235:000.000 de kilowatts hora, chega-se ao preço capital do kilowatt de 1$17,5.

Preço de produção

O preço efectivo resulta dos encargos de exploração, amortizações, renovamento e do juro do capital empatado.

Encargos directos de exploração:	
(1) Amortização	
(*a*) barragem e obra de engenharia civil (25 anos) . .	3:320.000$00
(*b*) partes metálicas (grelhas, condutas e adufas) (15 anos)	730.000$00
(*c*) máquinas hidráulicas (10 anos)	5:800.000$00
(*d*) linhas eléctricas (15 anos)	3:800.000$00
(2) Conservação	
(*a*) barragem e obras de engenharia civil 0,035 . .	2:900.000$00
(*b*) partes metálicas (grelhas, condutas e adufas) 0,05 .	550.000$00
(*c*) máquinas hidráulicas e eléctricas 0,10	5:800.000$00
(*d*) linhas eléctricas 0,03 . .	1:700.000$00
(3) Despesas gerais 0,03 . . .	7:050.000$00
(4) Encargos indirectos de exploração	
(*a*) juro do capital 12 % . .	28:200.000$00
(*b*) amortização do capital, renovamento e imprevistos 5 %	11:750.000$00
Total . . .	71:600.000$00

[1] As medições do caudal foram feitas com um molinete Woltmann de A. Ott do tipo suspenso, e com um molinete com hastes A.

Salmoiraghi, por verticais de 3 em 3 metros e com um ponto por cada metro nas verticais.

Preço efectivo do kilowatt hora à chegada a Lisboa

$$\frac{71:600.000\$00}{200.000.000 \text{ kWh}} = 0\$358$$

Êste seria o preço admitindo a hipótese de vender tôda a energia, o que não será possível a não ser com auxílio duma indústria electro-química que poderá absorver cêrca de metade da energia produzida.

Esta parte de energia deverá naturalmente ser vendida a um preço muito baixo, quer pela forma de diagrama de consumo da indústria electro-química, quer porque o processo (ainda o mais aperfeiçoado) para a produção do amoníaco sintético, não pode suportar o preço normal do kilowatt hora.

Limitamos êste estudo ao preço da energia à chegada a Lisboa, devendo ter-se em atenção que o preço ao consumidor deve suportar todos os encargos duma grande rêde de distribuïção.

MEDIÇÕES E ORÇAMENTOS

Cálculo dos volumes da excavação do canal de descarga

Número das secções	Distância entre as secções (m)	Áreas (m^2)	Áreas médias (m^2)	Volumes (m^3)
0		10		
	25		180	
1		350		4.500
	15		650	
2		950		9.750
	15		975	
3		1000		14.625
	30		840	
4		680		25.200
	40		540	
5		400		21.600
	30		431	
6		462		12.930
	30		631	
7		800		18.930
	30		800	
8		800		24.000
	30		635	
9		470		19.050
	30		355	
10		240		10.650
	38		150	
11		70		5.890
	22		35	
12		0		770
				167.895

Cálculo dos volumes do dique

Número das secções	Distância entre as secções	Massa muraria			Excavações		
		Áreas (m^2)	Áreas médias (m^2)	Volumes (m^3)	Áreas (m^2)	Áreas médias (m^2)	Volumes (m^3)
1		48			20		
	20		75	1.460		24	480
2		98			28		
	20		176	3.520		41	820
3		254			54		
	20		651,5	13.030		71	1.420
4		1.049			88		
	20		1.547	30.940		130	2.600
5		2.045			172		
	20		2.511,5	50.230		196	3.920
6		2.978			220		
	20		3.193,5	63.870		234	4.680
7		3.409			248		
	20		3.333	66.660		261	5.220
8		3.257			274		
	20		2.842,5	56.850		238	4.760
9		2.428			202		
	20		1.913,5	38.270		181	3.620
10		1.399			160		
	20		994	19.880		121	2.420
11		589			82		
	20		378,5	7.570		59	1.180
12		168			36		
	10		108	1.080		28	280
13		48		353.360	20		31.400

ORÇAMENTO

I — Expropriações e estudos			12:000.000$00
II — Central provisória			2:000.000$00
III — Habitações, armazéns, betoneiras, tôrres e máquinas diversas			4:200.000$00
IV — Caminho de ferro de Tomar a Castelo de Bode			6:200.000$00
V — Ponte em cimento armado no Vale da Ursa			3:000.000$00
VI — **Dique**			
1 — Excavações em terreno mixto	20.000 m^3	13$00	260.000$00
2 — » em rocha	11.000 »	26$00	286.000$00
3 — » para a cortina	1.000 »	39$00	39.000$00
4 — Betão a 320 kg de cimento	395.000 »	135$00	29:325.000$00
5 — » a 350 kg de cimento	30.000 »	180$00	5:400.000$00
6 — Alvenaria	30.000 »	155$00	4:650.000$00
7 — Despesas suplementares nos paramentos	30.000 m^2	30$00	900.000$00
8 — Injecção de cimento (em globo)	—	—	260.000$00
9 — Drenagens	4.000 m	—	130.000$00
10 — Diques provisórios (em globo)	—	—	650.000$00
11 — Túnel de desvio	240 m	1.800$00	432.000$00
12 — Obras acessórias e acabamentos	—	—	166.000$00
Total			53:000.000$00

VII — **Descarregadores de superfície**

1 — Excavações, custo parcial, sendo o material escavado utilizado no dique	170.000 m³	15$00	2:550.000$00
2 — Betão na soleira	2.400 »	155$00	372.000$00
3 — Betão nas fundações	1.100 »	135$00	148.000$00
4 — Alvenaria nos muros do canal	2.300 »	155$00	356.000$00
5 — Betão semi-armado nos pilares	180 »	400$00	72.000$00
6 — Betão armado na passerelle	100 »	750$00	75.000$00
7 — Comportas automáticas de sector tipo Stauwerke e aparelhos de manobra N.º 3	—	—	936.000$00
8 — Obras acessórias e acabamentos (em globo)	—	—	191.000$00
Total			4:700.000$00

VIII — **Tomadas de água e descarregadores de fundo**

1 — Betão	800 m³	135$00	108.000$00
2 — Cimento armado	95 »	750$00	71.250$00
3 — Grelhas	50.000 kg	3$00	150.000$00
4 — Comportas e aparelhos de manobra	—	—	245.000$00
5 — Tubagem em chapa de aço cravada N.º 5 com juntas de contracção, selos, etc.	580.000 »	5$00	2:900.000$00
6 — Tubagem em aço com acessórios para o descarregador de fundo	60.000 »	5$00	300.000$00
7 — By-pass e válvulas	14.000 »	6$00	84.000$00
8 — Câmara de comando (em globo)	—	—	75.000$00
9 — Válvula de borboleta para o descarregador N.º 1 ø 1.800 mm	—	—	140.000$00
10 — Obras acessórias e de acabamentos	—	—	126.750$00
Total			4:200.000$00

IX — **Central e casa dos transformadores**

1 — Excavação em terreno mixto	3.000 m³	13$00	39.000$00
2 — Excavação em rocha	2.500 »	28$00	70.000$00
3 — Atêrros	2.500 »	7$00	17.500$00
4 — Betão nas fundações	8.000 »	180$00	1.440.000$00
5 — Alvenaria de betão	1.650 »	190$00	313.500$00
6 — Alvenaria em elevações: Central: 1.200 m3; Transf.: 2.500 »	3.700	200$00	740.000$00
7 — Alvenaria em muros de suporte	1.800 »	155$00	279.000$00
8 — Lages em cimento armado na sala dos alternadores	725 m²	500$00	362.500$00
9 — Lage em cimento armado: Transformadores e diversos	750 »	230$00	172.500$00
10 — Pavimentos	1.500 »	32$00	48.000$00
11 — Teto	2.000 »	200$00	400.000$00
12 — Janelas	580 »	200$00	116.000$00
13 — Portas	210 »	280$00	58.800$00
14 — Grua			450.000$00
15 — Obras acessória, acabamento e diversos	29 »		293.000$00
	Total		4.800.000$00

X — **Máquinas hidráulicas e eléctricas**

5 grupos HP 140.000		300$00	42.000.000$00
XI — Linhas de transporte	115 km	400.000$00	46.000.000$00
XII — Estação de transformadores em Lisboa . . .			4.5000$00

Resumo

I — Expropriações e estudos	12.000.000$00
II — Central provisória	2.000.000$00
III — Estaleiros	4.200.000$00
IV — Caminhos de ferro	6.200.000$00
V — Ponte no Vale da Ursa	3.000.000$00
VI — Dique	53.000.000$00
VII — Descarregador de superfície	4.700.000$00
VIII — Tomas de água e descarregador de fundo	4.200.000$00
IX — Central e casa dos transformadores.	4.800.000$00
X — Máquinas hidráulicas e eléctricas.	42.000.000$00
XI — Linha de transporte	46.000.000$00
XII — Estação de transformação em Lisboa.	4.500.000$00
	186.600.000$00
Despesas gerais, imprevistas, encargos 25 % arredondamento	48.400.000$00
	235.000.000$00

ASSENTADEIRA (JIGA) RÁPIDA KRUPP

POR CARLOS GONSALVES

(Do Curso de Engenharia de Minas)

I — Proémio

Propuzémo-nos descrever uma nová máquina de laboração mineira derivada da assentadeira (ou jiga) clássica pela introdução de modificações originais e construída de uma maneira bastante engenhosa na secção de minas da fábrica Krupp. Tivemos dela conhecimento através de uma rápida conversa à vista de um esquema completo de que apresentamos um esbôço muito simples, ràpidamente desenhado, apenas suficiente para se compreender o seu funcionamento e constituïção geral.

Julgamos útil abordar primeiro a assentadeira clássica do modo mais rápido possível, descrição e funcionamento, com a aplicação das conclusões da teoria geral da queda dos minérios na água.

Na data em que escrevemos não existe no nosso país qualquer destas máquinas em laboração, portanto, as vantagens do seu emprêgo só poderão enunciar-se sob reserva: é apenas fora de dúvida tratar-se de uma máquina bastante interessante.

Conseguiremos o fim desejado se formos claros dentro da concisão que nos impuzemos e se o presente artigo interessar alguns ainda desconhecedores dêste novo processo de concentração hidrogravítica.

II — Assentadeira mecânica. Aplicação da teoria geral da queda dos minérios na água

Na maioria dos casos não seria pràticamente possível separar o minério útil da sua ganga pelo exclusivo emprêgo da queda livre na água tranqüila ou animada de movimento vértical constante porque as diferenças de nível obtidas entre grãos de eqüivalências [1] vizinhas seriam muito pequenas e incapazes de originar sedimentos distintos, de riquezas suficientemente diferentes para garantirem uma separação efectiva. Superou-se a dificuldade, sem deixar de utilizar o mesmo princípio da concentração hidrogravítica, provocando uma série de quedas do minério dentro de água; cada uma dessas quedas dá origem a uma certa diferença de nível entre os fragmentos a separar que se adiciona à diferença de nível estabelecida na queda anterior, obtendo-se finalmente a separação dos grãos de minério e ganga em estratos de concentrações muito diferentes. Conseguimos êste efeito servindo-nos de um aparelho característico denominado *jiga, bucha,* ou *assentadeira.* As assentadeiras podem ser manuais ou mecânicas — das quais nos vamos ocupar.

a) *Descrição sumária da assentadeira mecânica vulgar*

É essencialmente constituída por um depósito de secção adequada, esboçada na fig. 1, superiormente repartido em duas divisões, sôlto e agudo na parte inferior onde se encontra uma abertura de secção circular.

Na menor das divisões superiores trabalha um êmbolo que recebe, por intermédio da sua haste, movimento translacional de um excêntrico montado sôbre o veio motor.

Na outra divisão encontra-se um crivo de malha metálica assente sôbre uma grade de ferro e coberto de grenalha sôbre a qual

---

[1] Para qualquer grão de minério, de calibre l e densidade d, a equivalência E é função linear de l e de d: $E = l\,(d - 1)$.

vai passar a corrente de água transportadora da mistura de minério e ganga a tratar. Esta divisão constitue um *compartimento de lavagem,* de forma rectangular: a mistura, proveniente de um sistema de cali-

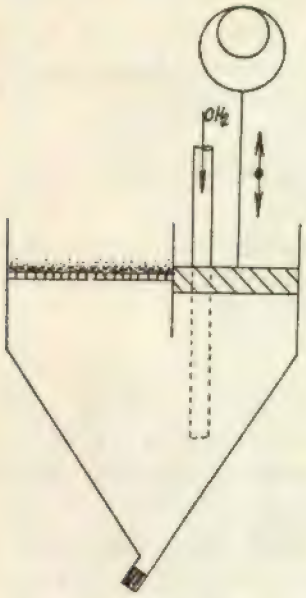


Fig. 1

bragem, entra por um dos extremos paralelo ao plano da figura e sai pelo extremo oposto.

Pela abertura inferior extrai-se o minério útil que passou através do crivo.

Um cano, munido de torneira, serve para alimentar a assentadeira de água.

A assentadeira pode ser metálica ou de madeira.

b) *Funcionamento*

A mistura calibrada [1] de minério útil e ganga é transportada por uma corrente de água e abandonada no extremo do compartimento de lavagem no seio da água animada de movimento vertical, ascendente e descendente, comunicado pelo êmbolo que um excêntrico acciona.

Visitámos uma oficina de preparação mecânica de minério de cassiterite e volframite em ganga de quartzo, feldspato, caolino, sulfuretos, sais de cobre, etc., na qual a bataria de assentadeiras trabalha uma mistura de calibres compreendidos entre 6 mm e 2 mm, separada pelos crivos de 6, 3, 2,5 e 2 mm; o número de rotações do veio motor varia de 170 a 250 rpm; as excentricidades variam de 22 mm a 12 mm, conforme o calibre da mistura e o lugar da assentadeira no circuito da lavaria.

Durante meia rotação do veio motor o êmbolo desce dentro de água → no compartimento de lavagem a velocidade da água é ascendente e retarda a queda do minério; durante a outra meia rotação, a velocidade da água é descendente e acelera, portanto, a queda do minério. A direcção do movimento conserva-se, a sua velocidade varia sinusoidalmente em grandeza e valor relativo.

Demonstra-se que o fragmento de minério ao cair adquire uma velocidade igual à que adquiriria se caísse na água tranqüila (velocidade limite v correspondente à sua eqüivalência) adicionada da velocidade V (em grandeza e sinal) da massa de água na qual se encontra o fragmento [1].

Vamos tomar para *unidade de tempo,* o tempo gasto em cada meia rotação do excêntrico ou do veio motor, para *origem* do movimento do fragmento, a superfície da água no compartimento de lavagem, e para *sentido positivo,* o sentido da aceleração da gravidade.

A velocidade v_i de um grão ideal de minério ao fim de i meias rotações do veio motor terá sucessivamente os valores

$t = 1$ meia rotação	$v_1 = v - V$
$t = 2$ meias rotações	$v_2 = v_1 + v + V = 2\,v$
$t = 3$	$v_3 = v_2 + v - V = 3\,v - V$
. . . . .	. . . . .
$t = 2n - 1$	$v_{2n-1} = v_{2n-2} + v - V = (2n-1)\,v - V$
$t = 2n$	$v_{2n} = v_{2n-1} + v + V = 2n\,v$

(1) Na prática, *mistura calibrada,* significa uma mistura de fragmentos cujos calibres estão compreendidos entre limites rigorosamente estabelecidos.

(1) Supondo que o movimento do grão de minério tem origem na superfície da água tranqüila, ao abandonar-se, êle caminha com movimento acelerado até o momento em que os efeitos aceleradores da gravidade sejam compensados pela resistência do meio líquido. A partir dêste momento passa a caminhar com velocidade uniforme, chamada velocidade limite, relacionada com a eqüivalência pela expressão $v = \sqrt{2{,}44\,E}$.

As velocidades sucessivas constituem uma série cujos termos são as somas dos termos correspondentes de duas outras séries: a primeira, é uma progressão aritmética de primeiro termo e razão iguais a v; a segunda, é uma série de termos iguais a $-V$ para os números ímpares de meias rotações e nulos para os números pares de meias rotações.

As velocidades limites v_{2n-1} e v_{2n} que o fragmento de minério adquire, respectivamente, ao fim de $2n-1$ e $2n$ meias rotações

$$v_{2n-1} = (2n-1)\,v - V \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$
$$v_{2n} = 2nv$$

aumentam à medida que aumenta a duração da *pistonagem,* o que se consegue, para uma mesma velocidade da corrente da mistura, aumentando o número de compartimentos de lavagem ou a sua superfície útil.

Seja $2p$ o tempo gasto numa rotação do excêntrico. Para termos uma ordem de grandeza poderemos dizer que $p = 0{,}1$ sg. Ao fim do tempo $2np$ a distância x_{2n} do centro de gravidade do fragmento à origem será

$$x_{2n} = (v_1 + v_2 + \ldots + v_{2n}) \cdot p$$
$$= p \sum_{i=1}^{2n} v_i$$

Em virtude de (1)

$$\sum_{i=1}^{2n} v_i = (1 + 2 + \ldots + 2n)\,v - nV =$$
$$= \frac{1+2n}{2}\,2nv - nV = n(2n+1)v - nV$$

e portanto

$$x_{2n} = \left[n\,(2n+1)\,v - nV\right] p \qquad (2)$$

Consideremos dois grãos da mistura calibrada de velocidades limites v_1 e v_2 muito próximas, isto é, de eqüivalências respectivas E_1 e E_2 muito próximas. Vamos mostrar o seguinte:

1.º A separação dos dois fragmentos efectua-se.

2.º Esta separação é sempre possível, pelo menos em teoria, por menor que seja a diferença $|v_1 - v_2|$.

3.º A queda em água tranqüila durante o mesmo tempo é menos eficaz.

4.º Finalmente, êste modo de separação (queda em água tranqüila ou animada de movimento vertical constante) não é possível na maioria dos casos.

Para fixar idéias, suponhamos $v_1 > v_2$:

1.º Ao fim do tempo $2np$, a distância D que separa os dois grãos, em virtude de (2), será

$$D = n\,(2n+1)\,(v_1 - v_2)\,p \qquad (3)$$

2.º Com efeito, se $v_1 - v_2$ deminuir, podemos aumentar a duração da pistonagem, eqüivalente a aumentar o valor do termo $n(2n+1)p$, e obteremos para D o valor necessário.

3.º Se os fragmentos caíssem na água tranqüila, ao fim do tempo $2np$ a distância d entre êles seria

$$d = 2np\,(v_1 - v_2) \qquad (4)$$

Efectuando a diferença $D - d$

$$D - d = \left[n\,(2n+1) - 2n\right](v_1 - v_2) > 0$$

portanto, verificar-se-á sempre

$$D > d$$

4.º Consideremos a expressão (4). A distância d mantém-se invariável quando ambas as partículas tiverem adquirido as respectivas velocidades limites, quere dizer, para determinado valor de $2np$, ao contrário do que sucede com D, a distância d deixa de aumentar.

Na prática, vamos trabalhar com fragmentos de forma irregular e constituídos por ganga, por minério útil, ou pela mistura dos dois; não existem calibres rigo-

rosos mas sim diâmetros compreendidos entre limites prèviamente determinados e fáceis de calcular para uma dada composição mineral; os fragmentos prejudicam-se mùtuamente no seu movimento no seio da água; além dos movimentos verticais da água e do seu movimento horizontal existem outros movimentos, turbilhonares, provenientes das variações bruscas de velocidade, trepidações, etc. Por tôdas estas razões e por outras que desconheçamos vamos obter, no final, uma camada de concentrado com alguma ganga, um mixto, e um estéril onde se perde algum minério útil. Portanto, parece não interessar o estudo matemático desta modalidade de concentração hidrogravítica em virtude das hipóteses que lhe servem de base se encontrarem tão restringidas na prática. Todavia, tal estudo faz-nos compreender claramente o funcionamento da assentadeira e guia-nos nas modificações a adoptar a-fim-de obter um melhor rendimento. Tôdas as modificações tendem a aproximar-se de longe da máquina correspondente ao rigor matemático, o tal caso limite inatingível.

Na prática, empregam-se *batarias de assentadeiras,* cada um dos elementos destinado a um determinado calibre e convenientemente afinado.

III — Assentadeira rápida Krupp

a) *Descrição*

À semelhança da assentadeira anterior, é essencialmente constituída por um sistema onde se elabora a escolha do minério e por um outro onde se origina um rápido movimento de translação.

O primeiro sistema é constituído por uma caixa de secção característica esboçada na fig. 2, repartida em duas divisões por meio de uma grade de ferro *G* que sustenta um crivo de malha metálica e grenalha. A divisão superior *a* constitue tôda ela um compartimento de lavagem. A divisão inferior está dividida ao meio em dois compartimentos *b* iguais por uma membrana elástica *M,* representada a ponteado nas duas posições extremas.

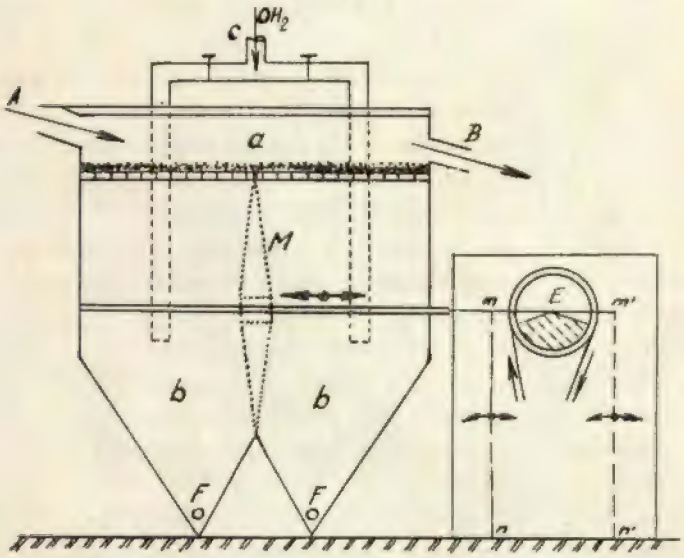


Fig. 2

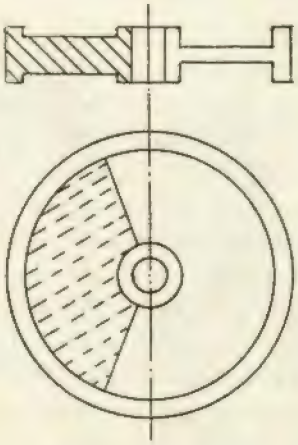


Fig. 3

Na divisão superior existem as goteiras *A,* para a entrada da mistura mineral e *B,* para a saída do estéril.

Inferiormente, temos os dois furos *F* por onde se extrai o concentrado.

Existe ainda um cano *C* que se bifurca para cada um dos compartimentos *b,* destinado a prover à alimentação de água.

O segundo sistema é constituído por um *excêntrico centrífugo E* montado sôbre ré-

guas flexíveis de madeira representadas a tracejado, solidárias, por intermédio da ligação rígida *mm'*, com a membrana elástica *M*. O excêntrico centrífugo é essencialmente um volante de massa desiquilibrada cujos dois sectores complementares são assim constituídos: um, representado a branco, de fraca espessura e maior superfície, o outro, tracejado no esbôço, de espessura maior e de menor superfície. O seu movimento de rotação é-lhe comunicado por uma correia sem-fim ligada ao veio motor fixo.

Êste sistema é protegido por um revestimento metálico contra o pó e umidade das oficinas de preparação mecânica.

b) *Funcionamento*

1) *Origem do rápido movimento de translação.* — A fôrça centrífuga exerce-se sôbre todos os elementos de volume do volante quando êste roda sôbre o seu eixo, solidário com o sistema de réguas flexíveis de madeira. Se o volante tivesse uma espessura constante em todos os pontos eqüidistantes do eixo, as réguas flexíveis manter-se-iam fixas no espaço porque as fôrças centrífugas aplicadas em pontos opostos da mesma secção diametral seriam iguais e directamente opostas, destruíam-se, portanto. Porém, consideremos o sector tracejado e o sector directamente oposto (uma parte do representado a branco) o primeiro de espessura superior à do segundo. Qualquer secção diametral terá uma forma do género do corte da fig. 3. A fôrça centrífuga aplicada no centro da gravidade da área tracejada no corte é evidentemente maior do que a aplicada no centro de gravidade da área representada a branco no corte. Isto dá-se em tôdas a secções dos dois sectores ùltimamente considerados.

Portanto, a fôrça centrífuga F resultante aplicada no centro de gravidade do sector de maior massa é maior do que a f aplicada no sector directamente oposto.

Cria-se dêste modo uma fôrça centrífuga resultante única $F-f$ aplicada no centro de gravidade do sector de maior massa tendente a arrastar o sistema na sua direcção. Êste movimento só pode efectuar-se na direcção paralela a *mm'*. É máximo quando a direcção de $F-f$ fôr paralela a *mm'* em virtude da contestura do sistema flexível, nulo quando essa direcção fôr perpendicular a *mm'*.

O volante gira com 550 a 600 rpm originando-se assim um *movimento vibratório* que se transmite ao septo de borracha. Em virtude da amplitude dêste movimento ser muito pequena o septo de borracha tem longa duração.

2) *Origem do movimento ascendente da água* — A membrana elástica provoca movimentos alternados, ascendentes e descendentes, na água dos dois compartimentos.

3) *Separação do minério* — Êstes movimentos, tal como anteriormente, provocam a separação do minério por eqüivalência. O concentrado passa através da grenalha, da malha metálica, acumula-se nos compartimentos *b* donde é extraído pelos furos *F*. O estéril é arrastado pela corrente de água e sai em *B* para um outro compartimento de lavagem, até que por fim se abandona e segue para as entulheiras ou para outro tratamento.

4) *Características* — O funcionamento desta assentadeira é caracterizado, em primeiro lugar, por uma pequena excentricidade e grande número de rotações, 550 a 600 rpm.

A alimentação e descarga do estéril é superior, e a descarga do concentrado é sempre inferior.

Trata misturas de minério e ganga de calibres compreendidos entre 1 mm e 0,06 mm (din 100).

As dimensões dos compartimentos de lavagem são 1 m^2 ou 2 m^2.

A mistura da alimentação deve possuir 500 a 700 gr de minério bruto por cada litro de água. Consome de água cêrca de 6 m^3/h por m^2 de crivo. Trata cêrca de 3,6 t/h de minério por m^2 de crivo.

IV — Conclusões

Tanto a nova máquina descrita como a antiga assentadeira se apoiam sôbre o mesmo princípio, utilizam o mesmo processo de concentração sem, no entanto, podermos

enunciar vantagens de uma sôbre a outra, visto que elas se completam: A antiga assentadeira trata misturas calibradas entre 6 mm e 2 mm, e mesmo 1 mm, enquanto a moderna trata misturas de calibres compreendidos entre 1 mm e 0,06 mm. Quere dizer, pode substituir as mesas de lavagem ou escolhedoras, com economia de espaço e altura e parece que também de energia.

É uma máquina indiscutìvelmente interessante, muito recente, cujas vantagens e inconvenientes só podem deduzir-se da observação directa do seu funcionamento em comparação com o das outras máquinas. Infelizmente, à data em que escrevemos não existe, no nosso país, qualquer máquina dêste tipo em laboração.

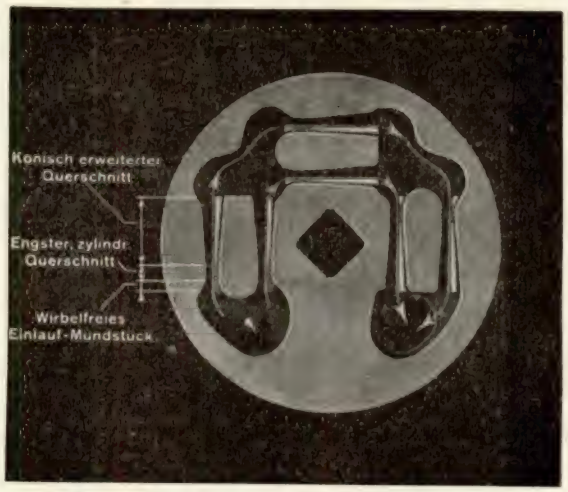
DO MUNDO TÉCNICO

Separadores de Água de Condensação

O constante aborrecimento que o pessoal das indústrias tem com as panelas de condensação, é considerado com uma certa indiferença. Fica-se satisfeito quando sobretudo, o líquido condensado é separado; as grandes perdas de vapor são pois, incluídas no preço de compra.

Devido a esta indiferença, reina em geral, grande incerteza, sôbre o quantitativo das perdas, as quais são ocasionadas pela má vedação das panelas de condensação assim como pela defeituosa separação do condensado. Ora, estas perdas podem ser tão grandes que chegam a afectar a economia de uma indústria.

Um separador de água condensada deve ser o mais simples possível; quanto maior fôr a sua simplicidade mais garantias oferece de não causar perturbações de funcionamento. O emprêgo de flutuadores ou corpos dilatáveis tem os conhecidos inconvenientes de reparações constantes. Nem é mesmo possível conseguir um funcionamento permanente regular com um mecanismo delicado. A pequena válvula cónica que regula a passagem, deixa fàcilmente de ser estanque, e há, por conseqüência perdas de vapor, as quais são muito mais perigosas, porque na maioria dos casos não são notadas. Uma panela de condensação que deva trabalhar durante muito tempo, e, sem irregularidades nem perdas de vapor, não deve principalmente ter partes móveis. Por meio de um simples canal em labirinto (ver a fig.) pode-se tomar a passagem do vapor quási impossível enquanto a água condensada passa com facilidade.



Êste princípio é utilizado pela firma Gustav F. Gerdts, de Bremen, no novo aparelho «Gestra». Êste aparelho possui apenas um simples canal em labirinto e não tem partes móveis.

PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

Não periódicas

Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola — Relatório de 1937 — Ministério das Obras Públicas e Comunicações.

Secretariado da Propaganda Nacional:

«Defesa Económica, Defesa Moral, Defesa Política» - Dr. Oliveira Salazar.

«Roteiro Campista de Portugal».

«Il Cinema portoghese nella X mostra internazional d'arte cinematográfica» — Venezia 1942.

Publicações periódicas

PORTUGAL

ARQUITECTURA PORTUGUESA E CERÂMICA E EDIFICAÇÃO — Maio, Junho, Julho e Agôsto de 1942.

A GRANJA — Abril, Maio, Junho e Julho de 1942.

AGROS — Maio-Junho de 1942.

A INDÚSTRIA DO NORTE—Abril a Junho de 1942.

ANAIS DO CLUB MILITAR NAVAL — Março-Abril de 1942.

ARQUIVO FINANCEIRO E SEGURADOR — Junho, Julho, Agôsto e Setembro de 1942.

BOLETIM GERAL DAS COLÓNIAS — Junho a Setembro de 1942.

BOLETIM DA ORDEM DOS ENGENHEIROS — Maio, Junho e Julho de 1942.

BOLETIM DA SOCIEDADE DE GEOGRAFIA DE LISBOA — Maio-Junho e Julho-Agôsto de 1942.

BOLETIM DE MINAS — 1939.

BROTÉRIA — Agôsto-Setembro de 1942.

CLÍNICA HIGIÉNE E HIDROLOGIA—Junho de 1942.

ESTUDOS — Abril, Maio e Junho-Julho de 1942.

GAZETA DOS CAMINHOS DE FERRO — N.os 1311 a 1315 de 1942.

GIL VICENTE — Maio a Agôsto de 1942.

INDÚSTRIA PORTUGUESA — Julho, Agôsto e Setembro de 1942.

JUNTA NACIONAL DA CORTIÇA—Julho e Agôsto de 1942.

NEPTUNO — Maio a Agôsto de 1942.

OCIDENTE — Agôsto, Setembro e Outubro de 1942.

REVISTA AGRONÓMICA — N.º 4 de 1941.

REVISTA DE ARTILHARIA—Maio e Junho de 1942.

SEARA NOVA — N.os 779 a 791.

ALEMANHA

DEUTSCHE TECHNIK — Julho, Agôsto e Setembro de 1942.

JUNKERS — Abril a Julho de 1942.

REVISTA SIEMENS — N.º 3 de 1942.

ARGENTINA

CIÊNCIA Y TÉCNICA — Junho e Julho de 1942.

TÉCNOQUIMICA — Março de 1942.

BÉLGICA

ARCOS — N.º 99 - 1942.

SÉCHERON — Outubro de 1942.

ESPANHA

CEMENTO — Julho, Agôsto e Setembro de 1942.

DYNA — Agôsto e Setembro de 1942.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS — Agôsto e Setembro de 1942.

REVISTA DE FORMACION Y DOCUMENTACION PROFESIONAL — Maio-Junho de 1942.

FRANÇA

ELECTRICITÉ — Maio de 1942.

LA CHRONIQUE DES MINES COLONIALES — Julho, Agôsto e Setembro de 1942.

TRAVAUX — Julho e Agôsto de 1942.

MECANIQUE — Julho e Agôsto de 1942.

HUNGRIA

TECHNIKA — Julho de 1942.

ITÁLIA

ANNALI DEI LAVORI PUBLICI — Fevereiro, Março, Abril, Maio e Junho de 1942.

L'ELECTROTECNICA — N.os 12 a 16 de 1942.

L'ORGANIZAZIONE SCIENTIFICA DEL LAVORO — N.os 7 a 9 de 1942.

REVISTA DEL CATASTO E DEI SERVIZI TECNICI ERARIALI — Março-Abril de 1942.

SUÍÇA

BULLETIN OERLIKON — Novembro-Dezembro de 1941, e Janeiro a Abril de 1942.

REVUE BROWN BOVERI — Abril e Maio de 1942.

SULZER — N.º 4 — 1941.

TECHNIQUE SUISSE — Julho de 1942.

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO I. S. T.

DIRECTOR: LUIZ DE ALMEIDA ALVES

ADMINISTRADOR: JOSÉ DE LUCENA

BIBLIOTECÁRIO: FAUSTO GONÇALVES HENRIQUES

CORPO REDACTORIAL: FERNANDO MOITINHO DE ALMEIDA, HENRIQUE DIAS BARRACAS, JOSÉ CARLOS PINHEIRO DA SILVA, MANUEL DOS SANTOS RÉZIO

Propriedade e Edição da A. E. I. S. T.

TECNICA

Revista de Engenharia

dos

Alunos do Instituto Superior Técnico

VOL. VIII

Números 114 a 131

REDACÇÃO E ADMINISTRAÇÃO

ASSOCIAÇÃO DOS ESTUDANTES DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

AV. ROVISCO PAIS, I. S. T.

LISBOA

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA, DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Índice alfabético dos artigos publicados nos n.os 114 a 131

A

Artigo	Autor	N.º	Mês	Ano	Pág.
Abastecimento de água da cidade de Aveiro (O problema de)	Eng.º Ricardo E. Teixeira Duarte (I. S. T.)	131	Julho	1942	960
Acetato de metilo (A acção catalítica do ácido clorídrico concentrado sôbre a hidrólise do)	Dr. Artur de Sousa	115	Dezembro	1940	110
Água em conduta livre a altas velocidades (Escoamento de)	Eng.º José Filipe Rebêlo Pinto (I. S. T.)	117	Fevereiro	1941	198
Água em conduta forçada (Diferentes regimes de escoamento de)	Idem	118	Março	1941	236
Idem	Eng.º José F. Rebêlo Pinto (I. S. T.)	129	Maio	1942	883
Agulhas automáticas	João A. Cunha Serra (Do Curso de Engenharia Electrotécnica)	123	Novembro	1941	556
Ascensores eléctricos (Aspecto da segurança nos)	José Santos Pereira (Aluno do I. S. T.)	128	Abril	1942	829
Aterros (Compressão de)	Eng.º Manuel Bravo (I. S. T.)	128	Abril	1942	810

B

Bensaúde (Dr. Alfredo)	Prof. Herculano Carvalho (Director do I. S. T.)	116	Janeiro	1941	121
Bensaúde (O Dr. Alfredo)	Idem	118	Fevereiro	1941	223
Betão Armado Português (Algumas considerações àcêrca do Regulamento do)	Eng.º D. M. Vieira Barbosa (U. P.)	114	Novembro	1940	10
Betão Armado Português (Algumas considerações àcêrca do)	Idem	119	Abril	1941	327
Betão Armado aplicado aos edifícios (O Cálculo do)	Eng.º J. de Cang	119	Abril	1941	283
Idem	Idem	120	Maio	1941	367
Idem	Idem	121	Junho	1941	410
Idem	Idem	122	Julho	1941	495
Idem	Idem	123	Novembro	1941	519
Idem	Idem	124	Dezembro	1941	591
Idem	Idem	125	Janeiro	1942	639
Idem	Idem	126	Fevereiro	1942	709
Betão Armado à flexão composta (Critérios económicos para o cálculo de peças de)	Eng.os José Luiz Musquiz e António Angelo (E. E. I. C. C. P. — Madrid)	120	Maio	1941	351
Betão Armado (Algumas concepções do)	António Sousa Coutinho (Do Curso de Engenharia Civil)	125	Janeiro	1942	667
Betão Armado (Ensaios de vigas de)	Eng.º Manuel Bravo (I. S. T.)	126	Fevereiro	1942	733
Betões nos estaleiro, utilizando um método gráfico (A dosagem dos)	Eng.º D. M. Vieira Barbosa (U. P.)	115	Dezembro	1940	91
Bi-ciclo-octano-diona (Sôbre a síntese duma)	Eng.º A. Borges de Almeida	130	Junho	1942	924

C

Artigo	Autor	N.º	Mês	Ano	Pág.
Canal do Tejo (Túneis do)	Eng.º Luiz Veiga da Cunha (E. M.)	114	Novembro	1940	17
Cardoso Pereira (O Professor Dr. A.)	Prof. Charles Lepierre	116	Janeiro	1941	23
Carburants de remplacement. État actuel et considérations sur les techniques futures. (La technique des)	Ed. Zedet	129	Maio	1942	867
Caudais de água (Um processo prático de medição de)	Eng.º Carlos do Amaral Neto (I. S. T.)	118	Março	1941	266
Ciência e Técnica	Luiz A. de Almeida Alves (Do Curso de Engenharia Química)	125	Janeiro	1942	663
Cimento Portland Artificial (A acção de diferentes produtos sôbre o)	Eng.º António Teixeira Lopes (I. S. T.)	117	Fevereiro	1941	186
Cimento (Indústria de)		127	Março	1942	788
Congresso de história da actividade científica portuguesa	Dr. Mira Fernandes (Prof. I. S. T.)	115	Dezembro	1940	43
Conservas de peixe (Origem química e biológica da alteração das)	Prof. Charles Lepierre (I. S. T.)	124	Dezembro	1941	574
Constante Dieléctrica das Soluções muito concentradas (Um método novo para a determinação da)	Dr. Autur de Sousa	118	Março	1941	269
Correias trapesoidais	F. de Almeida e Castro e E. C. Monteiro de Almeida	120	Maio	1941	394

D

Desperdícios (A utilização de)	Eng.º Miguel Coelho Nunes	130	Junho	1942	941
Dicetonas e dos γ Piranos (Contribuïção para o estudo dos δ)	Eng.º A. Peres de Carvalho (Prof. do I. S. T.)	126	Fevereiro	1942	683
Idem	Idem	127	Março	1942	743
«Dnieprostroï» (O aproveitamento do rio Dnieper na central)	Eng.º Castro Cabrita (I. S. T.)	123	Novembro	1941	539

E

Electrificação rural (Aspectos da)	Eng.º Paulo de Barros (I. S. T.)	127	Março	1942	764
Electrocinética (Generalização do teorema de mínimo da)	Prof. António da Silveira (I. S. T.)	124	Dezembro	1941	571
Engenheiros na colonização branca de Angola (Os)	Eng.º Vicente Ferreira (Prof. I. S. T.)	117	Fevereiro	1941	169
Engenheiros (Como devem preparar-se os futuros)	Eng.º Ferreira Dias (Prof. I. S. T.)	121	Junho	1941	409
Ensinar	Eng.º António Marques da Paixão (I. S. T.)	116	Janeiro	1941	124
Esgosto de secção ovoide (Cálculo dos colectores de)	Eng.º José Gomes Alvarez (I. S. T.)	119	Abril	1941	301
Esgotos (Um processo expedito de verificação e estabelecimento de rêdes de colectores de)	Eng.º Pedro Celestino da Costa (I. S. T.)	126	Fevereiro	1942	694
Estrada em macadam-cimento (Um ensaio de pavimentação de)	Eng.ºs José da Rocha e Melo e Alberto de Azevedo Zúquete	125	Janeiro	1942	625
Estruturas (Breve simplificação nos cálculos estáticos das)	Eng.º Edgard Cardoso (U. P.)	128	Abril	1942	825
Excursão de estudo dos alunos do 6.º ano de engenharia civil		131	Julho	1942	986

F

Artigo	Autor	N.º	Mês	Ano	Pág.
Ferro-carbono (Algumas considerações sôbre o sistema)	Eng.º A. Marques da Paixão (I. S. T.)	128	Abril	1942	795
«Formação basáltica» no novo Estádio Nacional (A)	Vasco Mendes de Sousa e Eduardo Correia Pereira	118	Março	1941	274
Fonte Monumental	Eng.º João Carlos Alves (I. S. T.)	127	Março	1942	760
Fotoelasticidade nos equilíbrios elásticos de revolução (A)	Eng.º Manuel Rocha (I. S. T.)	115	Dezembro	1942	65
Fotoelasticidade no ensino e na técnica (A)	Eng.º Manuel Rocha (I. S. T.)	122	Julho	1941	465
Fundações sôbre estacaria	Eng.º Horácio de Moura (U. P.)	117	Fevereiro	1941	216
Fundição (Principais causas responsáveis pelos defeitos de)	Francisco de Almeida e Castro	116	Janeiro	1941	163

G

Geometria diferencial (Aspectos da moderna)	Dr. Mira Fernandes (Prof. I. S. T.)	131	Julho	1942	949

H

Hélices (A Auto-propulsão por)	Tomaz da Costa Roque (Do Curso de Engenharia Electrotécnica	124	Dezembro	1941	614
Hidráulica (Algumas considerações sôbre a moderna orientação do Ensino da)	Eng.º Alberto Abecasis Manzanares (I. S. T.)	115	Janeiro	1941	139
Hidráulica (Laboratório de)	Eng.º Alberto Abecasis Manzanares (I. S. T.)	124	Dezembro	1941	576
Hidrólise da Sacarose e do Acetato de Metilo (Considerações àcêrca dos mecanismos da)	Dr. Artur de Sousa	115	Janeiro	1941	149

I

nvestigação experimental científica (A)	Eng.º Edgar Cardoso (U. P.)	124	Dezembro	1941	584
solamentos nos edifícios (Vantagem dos)	Eng.º Visconde de Almeida Garrett (U. P.)	116	Janeiro	1941	153

L

Laboratório de investigação na engenharia moderna (O)	Eng.º D. M. Vieira Barbosa (U. P.)	116	Janeiro	1941	125
Levantamentos hidrográficos (A carta de sextante nos)	Eng.º Albano do Carmo Rodrigues Sarmento (A. I. G.)	118	Março	1941	226
Linhas de influência nos sistemas triangulados (Considerações sôbre)	António de Sousa Coutinho (Do Curso de Engenharia Civil)	131	Julho	1942	981
Locomotivas Diesel	Olímpio Coelho da Rocha (Do Curso de Engenharia Civil)	121	Junho	1941	437
Lubrificação (A racionalização da)	Militão Rosa Pereira	116	Janeiro	1941	158
Luanda (As obras do Pôrto de)	Eng.º A. Cid Perestrelo (Prof. I. S. T.)	122	Julho	1941	455

M

Artigo	Autor	N.º	Mês	Ano	Pág.
Máquina assíncrona (Energia magnética, momento e estados de equilíbrio livre da)	Eng.º C. Ferrer Moncada (Prof. I. S. T.)	115	Dezembro	1940	52
Matemática e a técnica (A)		130	Junho	1942	897
Metalurgia (Alguns aspectos da origem, evolução e tendência da)	Eng.º António Marques da Paixão) (I. S. T.)	114	Novembro	1940	1
Mundo Técnico (do)		114	Novembro	1940	33
Idem		116	Janeiro	1941	165
Idem		121	Junho	1941	451
Idem		123	Novembro	1941	566
Idem		124	Dezembro	1941	623
Idem		125	Janeiro	1942	682
Idem		126	Fevereiro	1942	739
Idem		127	Março	1942	793

N

Notas Bibliográficas		118	Março	1941	279
Idem		121	Junho	1941	453
Idem		123	Novembro	1941	569
Idem		124	Dezembro	1941	624
Idem		126	Fevereiro	1942	740
Idem		128	Abril	1942	843
Idem		129	Maio	1942	896
Idem		130	Junho	1942	947

P

Peças prismáticas ou cilíndricas	Eng.º Adolfo da Cunha Amaral (U. P.)	118	Março	1941	250
Pedagógico (Um grave problema)	Eng.º Vicente Ferreira (Prof. I. S. T.)	119	Abril	1941	281
Pontes de arcos e abóbadas	Eng.º Edgar Cardoso (U. P.)	115	Dezembro	1940	100
Pontos Modelos de Exame de Aptidão		120	Março	1941	403
Idem		121	Junho	1941	445
Pontos de exame de aptidão		127	Março	1942	789
Pressão (Questões de alta)	F. de Almeida e Castro	121	Junho	1941	442
Presença		115	Dezembro	1940	41
Publicações recebidas		114	Novembro	1940	37
Idem		115	Dezembro	1940	119
Idem		116	Janeiro	1941	167
Idem		117	Fevereiro	1941	222
Idem		118	Março	1941	280
Idem		119	Abril	1941	344
Idem		120	Março	1941	408
Idem		121	Junho	1941	453
Idem		123	Novembro	1941	569
Idem		124	Dezembro	1941	624
Idem		125	Janeiro	1942	682
Idem		126	Fevereiro	1942	741
Idem		128	Abril	1942	844
Idem		129	Maio	1942	896
Idem		130	Junho	1942	947
Idem		131	Julho	1942	990

Q

Artigo	Autor	N.º	Mês	Ano	Pág.
Química (A introdução da variável tempo na Termodinâmica e na)	Eng.º A. M. da Paixão (I. S. T.) . . .	120	Maio	1941	345

R

Regolfo (Movimento permanente gradualmente variado Estudo geral do) . . .	Eng.º Alberto Abecasis Manzanares (I. S. T.)	115	Dezembro	1940	74

S

Sacarose em meio clorídrico concentrado (A constante de Arrhenius e a inversão da)	Dr. Artur de Sousa	114	Novembro	1940	21
Sólido com um ponto fixo (Energia das acelerações dum)	Dr. Mira Fernandes (Prof. I. S. T.)	123	Novembro	1941	517

T

Tejo (Duas sondagens no gôlfo do) . . .	Eng.º António Manuel de Vasconcelos (I. S. T.)	129	Maio	1942	891
Turbinas. Tipos actualmente empregados. Princípios de funcionamento. (Breve notícia histórica e desenvolvimento das)	Eng.º Manuel da Costa de Barros (Prof. I. S. T.)	129	Maio	1942	845

V

Via férrea (Algumas notas sôbre o nivelamento da)	Jorge Carqueja Gonçalves (Do Curso de Engenharia Civil)	131	Julho	1942	981
Vida escolar e associativa	. . . . .	114	Novembro	1940	26
Idem	. . . . .	119	Abril	1941	341
Idem	. . . . .	123	Novembro	1941	561
Idem	. . . . .	125	Janeiro	1942	676
Idem	. . . . .	126	Fevereiro	1942	737
Idem	. . . . .	130	Junho	1942	946
Vigas T de betão armado (Método aproximado para o cálculo directo da altura útil e da secção de armadura nas) . . .	Eng.º José Falagueiro Pinto da Fonseca (I. S. T.)	120	Maio	1941	390

EMULSÕES

de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

TELEFONE 2 0879
Telegramas: Epalda — LISBOA

FÁBRICA EM SACAVÉM

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada
(REGISTADO)

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

ESCRITÓRIO
Rua de S. Tiago, 13
LISBOA
Telefone 2 6572

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS
REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

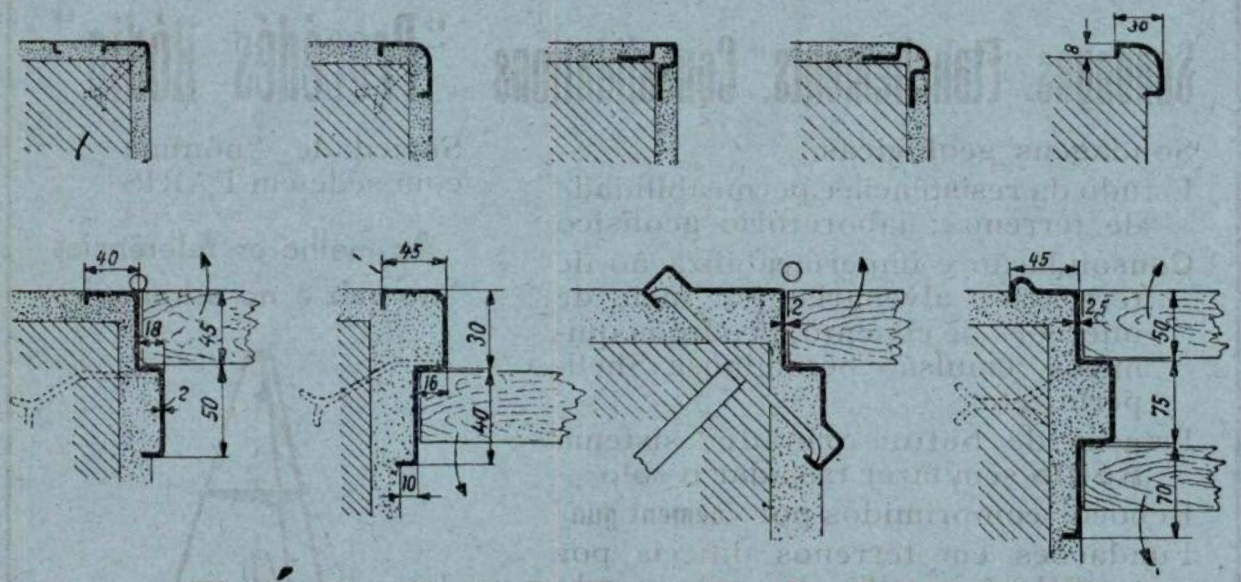
Standard Electrica

R. AUGUSTA, 27

LISBOA

TEL. 2 31111 2/3

ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR



LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

FABRICAÇAO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GENEROS DE TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Granulados de mármores
para exportação e para o país
Mosaicos de granulados de mármore

OS MAIS BONITOS
OS MAIS RESISTENTES
OS MAIS VANTAJOSOS

Soc. Portuguesa CADAN
Rua D. Estefania, 42
Telefone 47812 — Lisboa

FILIAL NO PÔRTO:
PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

Publicações da «Técnica»

Tabelas para o Cálculo do Betão Armado — Eng. VASCO COSTA — Preço 35$00

O cálculo de Betão Armado aplicado aos edifícios — Eng. J. DE CANG — Preço 95$00

Normas e Regulamentos para Instalações Eléctricas — Preço 16$00

Ábacos para o Cálculo de Betão Armado — Eng. VASCO COSTA — Preço 3$00

Cálculo dos Colectores de esgoto de secção ovoide — Eng. José Gomes Alvarez — Preço 6$00

Pontos Modelos de exames de aptidão ao I. S. T. — Preço 9$00

Regulamento de Pontes Metálicas — Preço 6$00

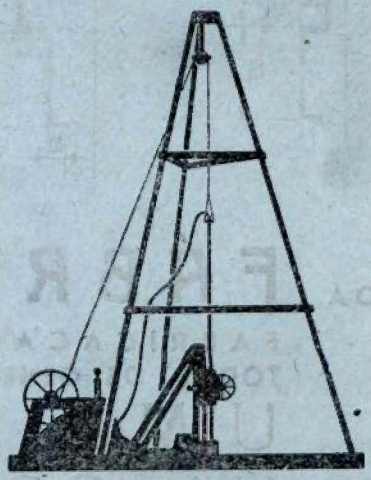
Desconto de 10 % aos nossos assinantes
A' venda na redacção da TECNICA

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «cement gun»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no paiz e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal
Walter Weyermann
P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685

EMPRÊSA DE SONDAGENS E FUNDAÇÕES, L.DA

COM

Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte

(Um quarto de século de especialização técnica)

Sondagens geológicas

—

Poços artezianos

—

Rebaixamentos do nível freático

—

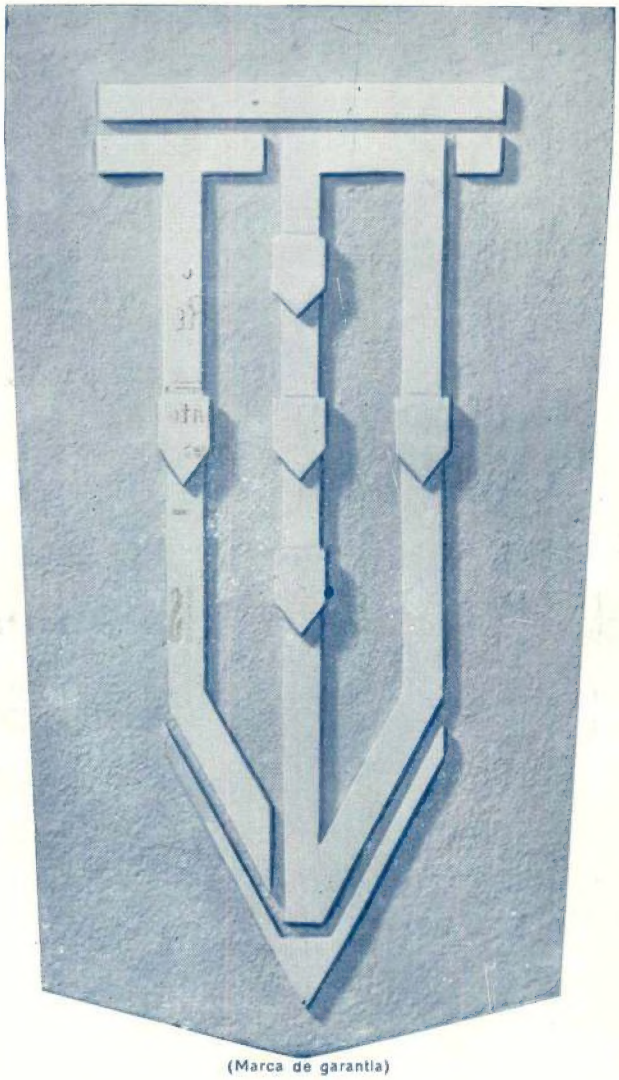
Consolidações do solo

—

Impermeabilização de rochas

—

Captações de água subterrânea



(Marca de garantia)

Fundações de todos os géneros

—

Alicerces económicos

—

Estacas de todos os tipos

—

Consolidação de más fundações

—

Obras hidráulicas

—

Obras subterrâneas

LISBOA — RUA AUGUSTA, 280, 3.° E 4.°

TELEFONE 2 3962

SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Rua de Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2 411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diessel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.

Barragem do Ermal, da Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, com 20 milhões de metros cúbicos de capacidade da albufeira. Na parte central, duas comportas automáticas, da casa construtora «Ateliers des Charmilles», de 9 × 5 metros, para a evacuação das cheias. Em baixo, a central automática de Guilhofrei (I) com uma turbina vertical tipo Kaplan (Ateliers des Charmilles) de 2750 cavalos e o canal de condução da água à central do Ermal (central II) com uma turbina vertical tipo Francis de 6250 cavalos (Ateliers des Charmilles) e duas horizontais (Escher-Wyss) de 500 e 1500 cavalos. Tôda a parte eléctrica (alternadores, transformadores, aparelhos de 2000 e 30000 Volts) da casa BROWN, BOVERI & Cie.